MAIN LIBRARY OF THE
DEPARTMENT OF AGRICULTURE
OTTAWA, ONTARIO

Book No. 630.4
C212b
B.70-86

This book should be returned thirty days from date of loan. No stamps are necessary.

26320

LES MALADIES DES CÉRÉALES

I

MALADIES CHARBONNEUSES DES PLANTES CULTIVÉES

CAUSES ET REMÈDES

Par

H. T. GÜSSOW
BOTANISTE DU DOMINION

ET

I. L. CONNERS, M.A.
PATHOLOGISTE EN VÉGÉTAUX, PRÉPOSÉ AUX RECHERCHES SUR LES MALADIES CHARBONNEUSES

SERVICE DE LA BOTANIQUE
FERMES EXPÉRIMENTALES FÉDÉRALES

MINISTÈRE FÉDÉRAL DE L'AGRICULTURE
CANADA
BULLETIN No 81—NOUVELLE SÉRIE

Traduit au Bureau de traduction du Ministère

Publié par ordre de l'Hon. W. R. Motherwell, Ministre de l'Agriculture, 1927

30-4

FERMES EXPÉRIMENTALES FÉDÉRALES

E. S. ARCHIBALD, Directeur

SERVICE DE LA BOTANIQUE

H. T. GÜSSOW, Botaniste du Dominion

BOTANIQUE ÉCONOMIQUE

Botanistes	J. Adams
	H. Groh
Botaniste junior et bibliothécaire	R. A. Inglis

PATHOLOGIE VÉGÉTALE

Laboratoire central, Ottawa:

Pathologistes en végétaux	F. L. Drayton
	J. B. MacCurry
Pathologiste forestier	A. W. McCallum
Pathologiste en végétaux adjoint	Irene Mounce
Inspecteur senior des maladies des plantes	J. Tucker

Charlottetown, I. P.-E.

Pathologiste en végétaux adjoint	R. R. Hurst
Inspecteur senior des maladies des plantes	S. G. Peppin

Kentville, N.-E.

Pathologiste en végétaux	J. F. Hockey
Pathologiste en végétaux adjoint	K. A. Harrison

Fredericton, N.-B.

Pathologiste en végétaux	D. J. MacLeod
Pathologiste en végétaux adjoint	J. K. Richardson

Ste-Anne de la Pocatière, P.Q.

Pathologiste en végétaux	H. N. Racicot

St. Catharines, Ont.

Premier pathologiste en végétaux	G. H. Berkeley
Pathologiste en végétaux	G. C. Chamberlain
Pathologiste en végétaux adjoint	J. C. Perrault

Winnipeg, Man. (Laboratoire fédéral de recherches sur la rouille)

Premier pathologiste en végétaux	J. H. Craigie
Pathologistes en végétaux senior	Margaret Newton
	W. F. Hanna
Pathologistes en végétaux	I. L. Connors
	F. J. Greaney
	W. L. Gordon
Pathologistes en végétaux adjoints	A. M. Brown
	T. Johnson
	W. Popp
	B. Peturson

Saskatoon, Sask.

Premier pathologiste en végétaux	P. M. Simmonds
Pathologiste en végétaux	G. A. Scott
Pathologistes en végétaux adjoints	R. C. Russell
	B. J. Sallans

Edmonton, Alta.

Pathologistes en végétaux	G. B. Sanford
	W. C. Broadfoot

Summerland, C.-B.

Pathologiste en végétaux	H. R. McLarty
Pathologistes en végétaux adjoints	G. E. Woolliams
	J. C. Roger

Vancouver, C.-B.

Pathologiste en végétaux	Wm. Newton

TABLE DES MATIÈRES

PAGE

PARTIE I—OBSERVATIONS GÉNÉRALES 3

Nature et effet des maladies charbonneuses 3

Dispersion des spores 4

Batteuses et propagation du charbon 4

Vitalité des spores du charbon 5

Aliments charbonnés et leur effet sur la santé des animaux 5

Reproduction des maladies charbonneuses 6

Facteurs qui influencent l'infection 7

Spores de charbons dans le sol 10

Résistance des variétés de céréales 11

Formes physiologiques 11

Pertes causées par les charbons 12

PARTIE II—DESCRIPTIONS DES MALADIES CHARBONNEUSES, CYCLES ÉVOLUTIFS ET REMÈDES 15

La carie du blé 15

Traitement à la poussière de carbonate de cuivre 22

Traitements à la formaline 31

Le charbon nu du blé 34

Traitement à l'eau chaude 38

Le charbon de la gaine du blé 42

Le charbon couvert ou vêtu de l'orge 46

Le charbon nu de l'orge 47

Le charbon nu de l'avoine 48

Le charbon couvert ou vêtu de l'avoine 50

Le charbon de la tige du seigle 51

Le charbon du maïs 53

Le charbon du ray-grass de l'Ouest 56

Le charbon de la feuille de la fléole (mil) 58

Le charbon des millets à grappe 60

Le charbon des millets *Panicum* 61

Le charbon du fromental 63

Les charbons du grain du sorgho 63

Le charbon de l'épi du sorgho 64

Le charbon de l'oignon 66

Résumé des traitements de la semence 70

PARTIE III—DESCRIPTION BOTANIQUE DES CHAMPIGNONS DU CHARBON 72

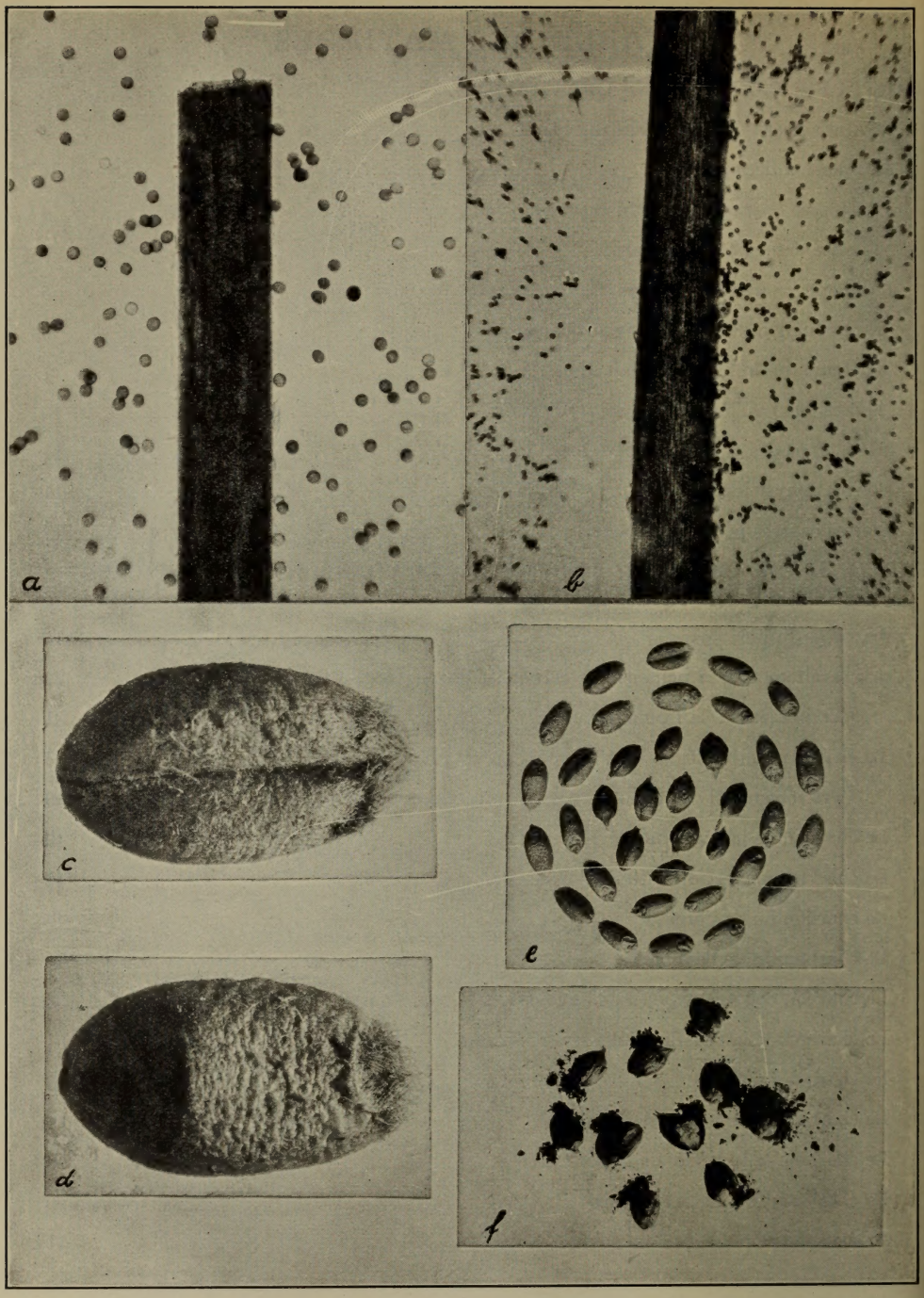


FIG. 1—(*a*) Cheveu humain et spores de la carie du blé, grossis 85 fois. Huit spores de carie placées côte à côte mesurent l'épaisseur du cheveu. (*b*) Cheveu humain et spores du charbon du blé, au même grossissement. Dix-neuf spores placées côte à côte mesurent l'épaisseur du cheveu. (*c*) Grain de blé grossi, montrant le côté de la raie, avec la "brosse" au bout. (*d*) Côté opposé du grain de blé montrant les replis de la surface. Tous deux grossis 7 fois.

NOTE.—Si le grain de blé était grossi 85 fois, comme le cheveu l'a été, il mesurerait 23 pouces de longueur. En comparaison, la spore de carie n'aurait que 1/16 de pouce de diamètre, tandis que celles du charbon seraient encore plus petites. (*e*) Les deux rangées extérieures sont des grains sains de blé; au centre, 11 sacs de carie, montrant les appendices. (*f*) Un certain nombre de sacs de carie écrasés; les masses noires sont composées de millions de spores.

MALADIES CHARBONNEUSES DES PLANTES CULTIVÉES—CAUSES ET REMÈDES

PAR

H. T. GÜSSOW ET I. L. CONNERS

PARTIE I

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

Les charbons n'attaquent pas seulement les plantes cultivées.—Ces maladies bien connues et si apparentées, généralement désignées sous le nom de "charbons", ne s'attaquent pas seulement aux plantes cultivées de l'ordre naturel des graminées, parmi lesquelles nos céréales viennent au premier rang par ordre d'importance. Elles se rencontrent également chez d'autres plantes, qui n'ont qu'une parenté très éloignée avec la famille des graminées, mais elles n'ont d'importance pour les cultivateurs qu'en raison de la valeur économique des plantes attaquées. Nous nous sommes donc bornés dans les pages suivantes à étudier les formes les plus importantes des charbons qui nuisent aux plantes utiles en agriculture.

Les charbons sont produits par un champignon microscopique; leur nature et leur action sur la plante hospitalière.—Tous les charbons sont causés par des plantes parasitaires minuscules, appelées "champignons". Beaucoup de ces plantes minuscules, appelées couramment "moisissures", sont très destructives, à cause de leur mode de vie parasitaire. Elles sont obligées de vivre en parasites parce que les champignons sont incapables de fabriquer leur propre nourriture; elles comptent donc pour leur subsistance sur la nourriture toute prête qu'elles trouvent dans les tissus de la plante qui leur donne asile, c'est-à-dire de la "plante hospitalière", comme nous l'appellerons dans ce traité. En raison de cette relation, elles s'opposent souvent sérieusement au but de la culture des plantes; elles peuvent même causer la mort de la plante aux dépens de laquelle elles ont vécu. Les champignons qui causent les maladies charbonneuses sont des parasites destructeurs; ils empêchent souvent complètement le grain de se produire. Ces champignons, de même que les autres champignons qui leur sont apparentés, se composent d'organes végétatifs, délicats (hyphes) en forme de cheveux, dont l'ensemble forme le mycélium, et qui s'introduisent dans les tissus de la plante hospitalière pour en absorber la nourriture. Après une certaine période de développement dans les tissus de l'hôte, le mycélium produit une infinité d'organes reproducteurs appelés "spores". Généralement, les champignons du charbon causent si peu de désordre dans les cellules de l'hôte qu'aucun symptôme extérieur ne se manifeste avant que les spores se forment. Dans les charbons des céréales, cette formation des spores a lieu vers l'époque de l'épiage; les spores remplacent alors la majeure partie du tissu normal de l'épi. Dans le charbon du maïs, les spores peuvent se former à tout moment, en amas de différentes grosseurs, sur l'une ou l'autre des parties aériennes de la plante. Ces spores apparaissent toujours sous forme de masses noirâtres ou couleur de suie.

Les spores des champignons sont comparables aux semences des plantes d'ordre plus élevé, en ce sens qu'elles reproduisent leur espèce. Ce ne sont pas cependant des semences au vrai sens botanique de ce terme. Ce sont de minuscules cellules végétales, rondes ou arrondies, plus fines ou plus légères que la poussière du chemin ou des substances semblables facilement portées par l'air.

Dispersion des spores des charbons.—En raison de leur petitesse excessive, les spores des charbons sont facilement déplacées par le moindre courant d'air et peuvent être portées à bien des milles de distance. C'est là, semble-t-il, le mode le plus important de dispersion des spores parmi les charbons découverts, ou "charbons nus", où les spores portées par le vent infectent les plantes à l'époque de la floraison. En ce qui concerne les charbons couverts, beaucoup des masses de spores sont rompues ou broyées dans la batteuse et en sortent sous forme d'un nuage noir de poussière. Heald et George[1] signalent qu'un piège à spores placé à un mille et demi de la batteuse la plus proche, dans l'état de Washington, a recueilli plus de 10,000 spores par pouce carré en une semaine. On a trouvé également un grand nombre de spores de rouille dans l'air et quelques-unes même jusqu'à trois milles de hauteur[2]. Pennington[3] a recueilli des preuves indiquant que les spores de la rouille vésiculaire du pin blanc ont été transportées sur une distance de 150 milles en Colombie-Britannique.

Le vent est un agent important dans la dispersion des spores, mais il n'est pas le seul. Les spores adhèrent aux cheveux du grain de blé (voir fig. 1 *c, d,*), aux petites fentes et aux sillons profonds de la balle de l'avoine, à l'enveloppe rugueuse de l'orge. Cette semence infectée propage à son tour la maladie. Les spores de charbon peuvent aussi être portées dans la terre par le fumier infecté, les instruments de ferme ou les machines recouvertes de spores. De même le grain propre mis dans des coffres, des sacs ou "poches" qui ont déjà porté de la semence charbonnée est exposé à se contaminer. Rappelons ici que l'on devrait toujours avoir soin d'employer des sacs propres, spécialement pour la semence qui vient d'être traitée, afin d'empêcher qu'elle ne se réinfecte de spores de charbon. On peut débarrasser de leurs spores les sacs usagés qui ont contenu du grain charbonné en les plongeant dans une forte solution de formaline ou dans de l'eau bouillante. On peut les employer sans crainte après les avoir fait sécher.

La batteuse est un facteur important dans la propagation des charbons.—La batteuse qui est transportée d'une ferme à l'autre dans la pratique courante aide évidemment beaucoup à répandre les charbons et à les introduire sur des fermes qui avaient été jusque-là à l'abri de la maladie. Une machine, employée pour battre du blé charbonné, est tellement infectée de spores que tous les grains qui y passent par la suite se contaminent à moins qu'elle ne soit énergiquement désinfectée avant d'être employée à nouveau.

La méthode recommandée pour la désinfection de la batteuse est simple et efficace. Après avoir bien balayé la machine, à l'intérieur comme à l'extérieur, pour enlever les graines de mauvaises herbes, le chef d'équipe plonge quelques vieux sacs, ou de la toile à sac dans une solution de formaline (une livre dans un gallon d'eau) et met ensuite ces sacs dans l'intérieur de la machine, après quoi il ferme ou il recouvre toutes les ouvertures pour retenir l'aldéhyde formique qui s'évapore. Si toutes les ouvertures sont bien bouchées pour que l'air ne puisse s'introduire, les vapeurs de la formaline détruisent complètement la vitalité de toutes les spores de charbon, tandis que la machine va d'une ferme à l'autre. Au bout de cinq ou six heures de cette fumigation, l'intérieur de la machine ne contient aucune spore vivante. On peut stériliser rapidement l'extérieur de la machine, de la voiture, des râteliers, ou de tout autre instrument, etc., au moyen d'un pulvérisateur à dos, rempli de la solution de formaline que nous venons de mentionner. Cette opération ne devrait pas exiger plus d'une demi-heure, après un peu d'expérience, et ces précautions ne coûtent pas grand'chose.

Les cultivateurs devraient insister pour que ce traitement soit appliqué, et le batteur devrait, avant de quitter la ferme où il vient d'opérer, se procurer un certificat établissant que le traitement a été dûment appliqué. Ce certificat devrait être signé par le cultivateur chez qui il vient de battre, et sa présentation

---

[1] Heald, F. D., et D. C. George. Wash. Agr. Exp. Sta. Bul. 151. 1918.
[2] Stakman, E. C., et al. Jour. Agr. Research 24:599-605. 1923.
[3] Pennington, L. H. Jour. Agr. Research 30:593-607. 1925.

exigée par le cultivateur suivant, lorsque la machine arrive sur la ferme de ce dernier. En prenant ces précautions, on aidera beaucoup à réduire les maladies charbonneuses dans toutes les régions importantes où l'on cultive du grain.

Vitalité des spores de charbon.—(*a*) NATURELLE.—Les spores de certaines maladies charbonneuses, qui se propagent entièrement par des spores comme, par exemple, la carie du blé, le charbon couvert (ou vêtu) de l'orge et les charbons de l'avoine, vivent très longtemps; placées dans des conditions favorables, elles conservent leur vitalité pendant une douzaine d'années.[4] A l'état sec, elles sont extrêmement résistantes à la gelée. Il est donc évident que ce n'est pas en conservant le grain infecté que l'on peut se débarrasser des spores du charbon, car la semence aurait perdu une bonne partie de sa faculté germinative avant que les spores aient perdu leur puissance infectieuse.

On ne sait pas au juste combien de temps les spores du charbon nu conservent leur vitalité, mais Stakman[5] a constaté qu'elles germent aussi bien au bout de dix mois d'entreposage que lorsqu'elles viennent d'être recueillies. On considérait jusqu'à ces derniers temps que la longévité des spores n'avait que très peu d'importance, car on supposait que le grain était infecté à l'époque de la floraison par des spores nouvellement produites. Cependant, Tisdale et Tapke[6] ont réussi à infecter l'orge en inoculant avec des spores de charbon nu de la semence dépouillée de sa balle. Leurs recherches démontrent que l'infection peut se produire dans des conditions de grande culture par la présence de spores sur la semence; la longévité des spores a pris de ce fait une grande importance et exige des recherches soigneuses.

(*b*) VITALITÉ DES SPORES PASSANT PAR LE CORPS D'ANIMAUX.—Voyons maintenant si les spores qui passent par le corps d'animaux nourris avec des aliments charbonnés conservent leur faculté germinative. Cette question a une importance pratique, car si ces spores restent en vie, elles peuvent être disséminées sur des étendues considérables lorsque le fumier où elles se trouvent est appliqué au sol. Naturellement les charbons les plus importants sous ce rapport sont ceux qui causent l'infection des plantules, comme par exemple la carie du blé. Un peu pour cette raison et un peu parce qu'il est facile de les obtenir en quantités suffisantes pour faire des essais utiles d'alimentation, on s'est généralement servi des spores de ce champignon. Les résultats des expériences les plus récentes sur ce point[7] peuvent se résumer comme suit: "La grande majorité des spores de carie perdent leur faculté germinative en passant par le corps d'animaux de tous genres. Cependant celles qui passent par le corps de porcs sont plus aptes à germer que les autres."

On voit donc qu'il est encore à craindre que les spores absorbées par les animaux et contenues dans le fumier ne transmettent la maladie.

Il y a aussi d'autres agents qui détruisent les spores. Piemeisel[8] a constaté que des spores du charbon du maïs, qui avaient été conservées plusieurs semaines dans le silo, n'ont pas germé. Il a jugé que leur vitalité avait été détruite par des acides organiques qui s'étaient probablement formés pendant le procédé de la fermentation.

Les aliments infectés de spores de charbons sont-ils dangereux pour la santé des animaux?—La presse agricole a discuté de temps à autre la question de savoir si les animaux qui mangent du grain ou des aliments charbonnés peuvent en souffrir. Aujourd'hui même, des manuels importants insistent sur le danger de cette pratique. On dit que le grain charbonné, et aussi bien la paille que le grain, sec ou vert, est dangereux. On attribue à leur usage des désordres de l'appareil

---

[4] Woolman, H. M. et H. B. Humphrey. U.S.D.A. Dept. Bul. 1239. 1924
[5] Stakman, E. C. Minn. Agr. Exp. Sta. Bul. 133. 1913.
[6] Tisdale, W. H. et V. F. Tapke. Jour. Agr. Research 29:263-284. 1924.
[7] Honcamp, Fr. et H. Zimmermann. Centbl. Bakt. etc. Abt. II, 28:22-24, p. 600. 1910.
[8] Piemeisel, F. J. Phytopath. 7:294-307. 1917.

digestif, l'amaigrissement, l'émission de salive, la paralysie de l'arrière-train et des muscles de la bouche et de la gorge, et, dans certains cas, la mort.

Cependant, les observations faites au cours de minutieuses recherches et d'expériences bien conduites ne confirment pas cette sévère condamnation. Dans des recherches élaborées [9] qui portaient sur tous les animaux ordinaires de la ferme, porcs, vaches, chevaux, moutons, lapins, poules et pigeons, on n'a pas noté un seul cas où les animaux soient tombés malades parce qu'ils avaient mangés des aliments contaminés par du charbon. Il ne faudrait pas, toutefois, en conclure que les aliments charbonnés sont toujours inoffensifs dans toutes les circonstances; ils ne peuvent être recommandés pour l'alimentation. On devra surtout éviter de les donner à des bêtes en gestation ou à toutes celles qui sont naturellement sujettes à des troubles intestinaux, même légers.

En traitant ce sujet, McAlpine [10] dit que les excroissances bien connues du charbon du maïs contiennent le même alcaloïde que l'ergot et l'extrait fluide est employé de la même manière. Le caractère nettement vénéneux de l'ergot et l'action singulière qu'il exerce sur l'utérus lorsqu'il est donné à des animaux en gestation sont bien établis. D'autre part, les excroissances du charbon sur le riz aquatique chinois (*Zizania latifolia*), provoquées par le champignon du charbon *Ustilago esculenta* P. Hen., constituent un aliment important en Chine.

Quant au charbon de l'avoine,[11] on considère que l'avoine fortement charbonnée, donnée sous forme de fourrage vert, peut causer de l'irritation et des congestions. Un certain nombre de pertes d'animaux parmi les bestiaux du nord de l'Alberta ont été attribuées à ce fait. Dans le Montana, un certain nombre de vaches ont été nourries de foin charbonné et dans les douze heures qui ont suivi le premier repas, la moitié sont mortes en exhibant des symptômes de gastrite et d'excitation cérébrale. On a retiré le foin de la ration et il n'est plus mort d'animaux. Une autopsie a révélé une forte dilatation de l'estomac.

On s'accorde donc plus ou moins généralement à reconnaître que les aliments charbonnés ne sont pas sains, et bien que cette question ne soit pas encore parfaitement réglée, nous conseillons aux cultivateurs de ne pas s'exposer à perdre des animaux en leur donnant des aliments d'une nature aussi douteuse.

COMMENT LES CHARBONS SE REPRODUISENT ET COMMENT ILS INFECTENT LA PLANTE

Nous avons vu comment les spores de charbon sont produites et comment elles se dispersent. L'époque de la dispersion des spores embrasse la question de reproduction, ainsi que celle du mode d'infection des plantes. Dans les plantes annuelles, lorsque la graine est mûre, la plante a rempli sa fonction, qui est de se reproduire; elle a donc terminé sa vie. Elle remet à la graine le soin de perpétuer l'espèce. De même, lorsque les spores des charbons ont mûri, la vie végétative du champignon est à son terme et pour que la reproduction ait lieu, il faut que les spores trouvent un milieu favorable à leur développement. Cette nouvelle génération du champignon nous apparaît sous la forme des maladies charbonneuses, bien connues. Pour que les spores de certaines formes de charbons puissent se propager, il faut qu'elles viennent en contact avec le sol. Dans la carie du blé, le charbon couvert de l'orge, les charbons nu et couvert de l'avoine etc., les spores adhèrent à la surface du grain et sont ainsi semées avec ce dernier. Lorsque la spore vient en contact avec le sol, elle germe et produit un mycélium court et épais d'où se développent des spores secondaires ou même tertiaires, lesquelles, au moyen de filaments, attaquent la jeune plante qui a poussé dans l'intervalle. C'est ce mode d'infection que l'on appelle "infection des semis".

---

[9] Honcamp, Fr. et H. Zimmermann. Centbl. Bakt. etc. Abt. II, 28:22-24, p. 596. 1910.
[10] McAlpine, D. The Smuts of Australia, Melbourne, 1910.
[11] Willing, T. N. Plants Injurious to Stock. Dep. Agric. Northwestern Territories, Bul. 7. 1903.

Le mode d'infection est différent dans les charbons nus du blé et de l'orge. Ici les spores sont mûres lorsque les grains sont en fleur et elles sont portées par le vent aux pistils du grain en fleur, où elles germent de la même manière que le grain de pollen lorsqu'il féconde l'ovule. Les tubes de germes s'introduisent dans les ovaires des fleurs où ils restent dormants sous forme de fils ténus de mycélium sans empêcher la formation des grains qui, quoique contenant les germes de la maladie, paraissent être tout à fait normaux. Les plantes provenant de ces semences présentent à la longue la maladie du charbon nu. Ce mode d'infection est appelé "infection de la fleur".

Nous trouvons un troisième mode d'infection dans le maïs (blé d'Inde). Ici l'infection peut se produire dans les parties jeunes et tendres à toute phase du développement de la plante, au lieu d'être limitée à la phase de la floraison, comme nous avons vu dans les cas précédents.

On comprend sans peine qu'il importe de connaître ces différents modes d'infection lorsqu'on veut combattre les charbons. Un traitement qui permet de combattre un groupe de maladies peut être tout à fait inutile lorsqu'il est appliqué à un autre groupe. Pour détruire la carie et les charbons couverts, il faut traiter la semence avec de la formaline ou du carbonate de cuivre; contre le charbon nu, c'est le traitement par l'eau chaude qui s'impose; mais il n'existe aucun traitement satisfaisant de la semence contre le charbon du maïs. Chaque traitement sera discuté séparément dans la partie II de ce bulletin.

FACTEURS QUI INFLUENCENT L'INFECTION PAR LES CHARBONS

Les conditions environnantes exercent beaucoup d'influence sur le développement des charbons; en cela, les charbons ne diffèrent pas des autres plantes. Ceci se remarque surtout dans les charbons vêtus des céréales. Il arrive assez souvent que la semence d'une variété sensible de grain produit une récolte qui n'a pas un seul grain charbonné, quoique cette semence fut fortement charbonnée à l'époque où elle a été confiée au sol. On a recueilli également des preuves expérimentales indiquant que les plantes échappent souvent à l'infection, non pas à cause d'une résistance inhérente, mais parce que les conditions, pendant les premières phases de la végétation de ces plantes, n'étaient pas favorables au développement du champignon.

Epoque de la plantation.—On sait depuis quelque temps que l'époque à laquelle on fait les semailles est pour beaucoup dans la quantité de charbon que l'on trouve dans la récolte à la moisson. Les deux cas suivants peuvent être cités à titre d'exemple:—Un grand champ de blé d'hiver, ensemencé vers la fin d'octobre, a été fortement attaqué par la carie (environ 60 p.c.) tandis que les champs adjacents, appartenant au même cultivateur, ensemencés de la même variété de blé et traités de la même manière, mais ensemencés au commencement d'octobre, n'ont donné aucun signe d'infection. Un autre cultivateur avait fait un semis du blé de printemps, non traité, au commencement de février et un autre au milieu de mars; à l'époque de la moisson, 30 p.c. des premiers semis et moins de 5 p.c. des derniers étaient infectés de carie.

Munerati a fait des recherches expérimentales sur ce problème et a obtenu les résultats consignés au tableau I.

TABLEAU 1.—EFFET DE L'ÉPOQUE DES SEMAILLES SUR LA CARIE

Date des semailles	Pourcentage de blé infecté	
	Traité	Non traité
11 octobre	0	1
21 octobre	0	3
10 novembre	1	10
22 novembre	4	90
10 février	2	30
10 mars	0	5

On voit par ces résultats que les conditions climatériques très différentes qui régnaient à l'époque de ces semailles ont exercé un effet marqué sur le taux d'infection. En expliquant ces faits, Munerati dit ce qui suit: "Un grain qui est recouvert de spores de charbon (*Tilletia*) et qui n'a pas été traité par des solutions, échappe aux attaques du champignon s'il est semé de bonne heure; au contraire, le même grain semé par une température basse et dont la plante pousse lentement est infecté." C'est le contraire qui se produit pour le blé de printemps. En pratique, plus les semailles de blé sont retardées en automne et plus elles se font tôt au printemps, plus il est nécessaire de traiter le grain avec des fongicides. Woolman et Humphrey[13] ont signalé des résultats semblables, relativement à l'effet de l'époque des semailles sur l'infection. Ils ont constaté que dans les conditions qui règnent dans l'état de Washington, plus les semailles sont retardées en automne plus il se développe de carie dans la récolte. Ceci s'applique à toutes les semailles, à l'exception des quelques dernières où la quantité de carie avait brusquement baissé. Au printemps, les premières semailles avaient beaucoup plus de carie que les dernières.

Température du sol.—La température du sol est certainement l'un des facteurs qui fait que l'époque des semailles exerce un effet sur l'infection. Munerati[14] a planté du blé carié dans des couches qui avaient été tenues à plusieurs températures différentes. Au bout de quarante jours, il a considéré que les plantules étaient réfractaires aux attaques subséquentes. Il les a alors repiquées dans le champ et les a laissées mûrir. Les résultats de cette expérience sont consignés au tableau 2.

TABLEAU 2.—EFFET DE LA TEMPÉRATURE DU SOL SUR L'INFECTION DE LA CARIE

Température en degrés F.	Plantes mûres	Plantes infectées	Pourcentage de plantes infectées
71·6—77·0	604	0	0
50·0—53·6	940	143	15·2
35·6—39·2 (20 jours) puis 71·6—77·0	247	0	0
35·6—39·2 (20 jours) 50·0—53·6 (7 jours) puis 71·6—77·0	329	86	24·6
35·6—39·2 (40 jours)	235	0	0

A en juger par ces résultats et par ceux qui ont été obtenus par d'autres investigateurs, nous pouvons dire que le blé n'est pas infecté aux basses températures, mais que le nombre de plantes infectées augmente à mesure que la température du sol s'élève; l'infection maximum a lieu à une température de 46 à 50° F. Une nouvelle élévation de température provoque une diminution dans le pourcentage d'infection et à 70° F. le blé échappe complètement aux attaques.

On comprend facilement l'effet exercé par la température du sol sur l'infection du blé par la carie lorsqu'on considère l'effet de la température sur la germination du blé et des spores de carie. Dans le cas du blé, plus la température est basse, plus la germination est lente. Le blé qui avait été semé dans deux parcelles expérimentales et tenu à une température de 34° à 36° F., c'est-à-dire de quelques degrés au-dessus du point de congélation, a commencé à germer mais le développement a été très lent. Lorsque le blé était gardé à une température de 77° F. la germination se produisait au bout de vingt heures, et la période écoulée entre la

[12] Munerati, O. et H. Hitier. Jour. d'Agric. pratique. An. 76, Vol. II, No. 42, pages 494-496, 1912. Abstr. in Int. Inst. Agr. Bul. Agr. Intelligence & Pl. Diseases. Année 3, 12: 2746-2748. Déc. 1912.

[13] Woolman, H. M. et H. B. Humphrey. U.S.D.A., Dept. Bul. 1239. 1924.

[14] Munerati, O. Rendic. Accad. Lincei 32; series 5 et 6:285-289. 1923. Abstract in Rev. Appl. Myc. 3:511. 1924.

germination et la production de la première feuille, qui poussait à travers la gaine protectrice, était grandement raccourcie par la température plus élevée.

D'autre part, les spores de carie (*Tilletia*) ne deviennent actives que lorsque la température monte à 41° F. Elles germent très promptement à une température de 64° à 68° F. et ne germent pas du tout lorsque la température dépasse 77° F. On voit donc qu'à une très basse température, juste autour du point de congélation, le blé germe lentement tandis que les spores de carie ne germent pas du tout. A une température de 46° à 50° F. le blé germe encore lentement tandis que les spores de carie germent abondamment. Les tubes des germes pénètrent dans les jeunes plantes, et comme le champignon se développe beaucoup plus rapidement que la plante, il atteint facilement le point végétatif et l'infection se produit. Une fois cette température dépassée, la germination du blé et le développement de la plante se produisent beaucoup plus rapidement que la germination et le développement des spores de carie, à tel point que l'infection ne peut avoir lieu, car l'infection de la plante du blé ne peut se produire que pendant la courte période qui s'écoule entre le commencement de la germination et le moment où la première feuille verte perce à travers la gaine incolore dans laquelle elle est contenue.

Les conditions de température dont nous venons de parler au sujet de la carie du blé n'ont pas nécessairement le même effet sur les champignons des autres maladies charbonneuses. La température la plus favorable à l'infection peut être très différente dans ces maladies. La température exerce à peu près la même influence sur l'avoine que sur le blé, mais une forte infection de l'avoine avec le charbon nu et le charbon couvert peut se produire à des températures de 60° à 72° F. [15], [16] tandis que la carie du blé est presque inactive à ces températures. En ce qui concerne l'effet exercé par la température la différence entre les spores de carie et les spores de charbon peut être due au fait que les spores du charbon de l'avoine germent de deux à trois fois plus rapidement que celles du champignon de la carie, lorsque toutes deux sont placées dans des conditions favorables.

L'humidité du sol.—On ne connaît pas aussi bien l'effet de l'humidité du sol sur la carie que l'effet de la température du sol. En général, un sol contenant une forte quantité d'humidité ne favorise pas l'infection de la carie, tandis que l'infection peut être forte sur un sol relativement sec.

Nature du sol.—La nature du sol dans lequel on sème du grain charbonné influence beaucoup le degré d'infection dans la récolte résultante. Gassner [17] a présenté quelques données expérimentales intéressantes sur ce point. Il a divisé en six lots du blé qui était fortement chargé de spores de carie. Cinq de ces lots ont été soumis à des traitements différents et l'un d'eux a été laissé non traité, comme témoin. La semence de chacun de ces lots a ensuite été déposée dans de l'argile, du sable, du terreau de jardin et dans de la tourbe respectivement. Les pourcentages de carie développés sont consignés au tableau 3.

TABLEAU 3.—INFLUENCE DE LA NATURE DU SOL SUR L'INFECTION DE LA CARIE

Traitement	Pourcentage d'infection			
	Argile	Sable	Terreau de jardin	Tourbe
Non traité	1·0	29·2	30·5	24·2
Formaline	0	0	4·6	3·7
Uspulun	0	traces	2·4	1·7
Segetan-neu	0	0	1·2	0
Oxyde de cuivre ammoniaque	0	0	0	0·6

[15] Bartholomew, L. K. et E. S. Jones. Jour. Agr. Research 24:569-575. 1923.
[16] Reed, G. M. et J. A. Faris. Am. Jour. Botany 11:579-599. 1924.
[17] Gassner, G. Angew. Bot. 7:80-87. 1925. Abstract in Rev. Appl. Mycl. 4·599-600. 1925.

Ces données établissent bien clairement que la composition physique du sol exerce un effet marqué sur l'infection. Les sols lourds sont moins exposés à être infectés par la carie que les sols légers. Cela, joint au fait qu'un haut pourcentage d'humidité dans un sol quelconque s'oppose à l'infection de la carie, nous porte à croire que le facteur responsable de la diminution d'infection dans les deux cas est le manque d'air. Cette opinion s'appuie sur d'autres preuves expérimentales[18] qui indiquent que les spores du champignon de la carie (*Tilletia Tritici*) ne germent pas, à moins qu'elles n'aient à leur disposition une quantité d'air relativement forte.

Effet du nombre de spores portées par la semence.—Outre les conditions environnantes, le nombre de spores qui se trouvent sur la semence à l'époque de la germination exerce un effet sur l'infection, en ce qui concerne le charbon couvert. Comme une seule spore peut partir une infection, plus il y a de spores présentes, plus il y a de risques que l'infection se produise. Les données présentées au tableau 4[19] font ressortir l'influence de la charge de spores sur l'infection de la carie, dans une expérience qui portait sur deux variétés de blé. Les deux variétés, Prélude et Marquis, ont été artificiellement infectées avec des spores de carie, en cinq quantités différentes. Dans chaque cas, le pourcentage de plantes infectées croissait rapidement, à mesure que la charge de spores augmentait.

TABLEAU 4.—RELATION ENTRE LA QUANTITÉ DE SPORES SUR LA SEMENCE ET LE POURCENTAGE DE CARIE DANS LA RÉCOLTE

Quantité de carie sur la semence*	Pourcentage de carie	
	Marquis	Prélude
1:30	42·2	87·3
1:100	37·3	82·5
1:500	22·3	40·2
1:1000	10·0	27·2
1:2000	7·8	11·3

*1:30 indique une partie de carie par 30 parties de semence par poids.

Cependant, comme le fait remarquer Munerati,[20] c'est réellement le nombre de spores qui se trouvent dans la zone embryonnaire qui est important au point de vue de l'infection, plutôt que la charge totale de spores sur la semence. Cet investigateur a clairement démontré que les spores qui sont prises dans la brosse sont trop éloignées de l'embryon pour jouer un rôle important en causant l'infection.

SPORES DE CHARBONS DANS LE SOL

Nous n'avons traité jusqu'ici que des infections provenant des spores qui adhèrent à la semence. Il peut cependant y avoir une autre source d'infection:—ce sont les spores qui se trouvent dans le sol. Cette possibilité d'infection n'existe pas dans le cas des charbons nus, car l'infection ne se produit guère qu'à l'époque de la floraison, mais en ce qui concerne les charbons couverts, et surtout la carie, l'infection résultant des spores qui se trouvent dans le sol cause des pertes sérieuses dans certaines localités. Ceci s'applique spécialement à la vallée Palouse, de Washington et d'Orégon. D'après Woolman et Humphrey[21] une bonne partie de la terre de ce district est mise en jachère pendant l'été. La moisson commence vers le 1er juillet. Cette opération met en liberté les spores de carie, que le vent répand un peu partout sur la jachère. Le sol est très sec à

[18] Woolman, H. M. et H. B. Humphrey. U.S.D.A. Dept. Bul. 1239. 1924.
[19] I. L. Conners. Rapport du Botaniste du Dominion, année 1924. Ottawa, 1925.
[20] Munerati, O. Rencid. Acad. Lincei 31: ser. 5a:125-129. 1922. Abstract in Rev. Appl. Myc. 2:262-263. 1923.
[21] Woolman, H. M. et H. B. Humphrey. U.S.D.A. Dept. Bul. 1239. 1924.

cette époque et reste sec jusqu'en septembre, lorsque les pluies d'automne commencent à tomber. Généralement, on commence à semer après la première bonne pluie. Les spores de carie et le blé germent ensemble et il en résulte une forte infection. Toutes les spores viables germent en cinq ou six semaines; il ne peut donc y avoir ici d'infection au printemps par les spores que renferme le sol.

Les conditions sont bien différentes dans l'Ouest du Canada. Ici, en général, le battage se fait si tard en automne que le sol est trop froid pour que les spores libérées par cette opération puissent germer. Ces spores détachées, de même que les spores dans les épis cariés et dans les sacs de carie non ouverts, qui sont tombés à terre pendant la moisson, peuvent conserver leur vitalité tout l'hiver et provoquer une infection l'année suivante. Cependant, l'efficacité marquée des traitements appliqués à la semence pour prévenir la carie indique que les spores hivernant dans le sol n'infectent pas généralement la récolte dans l'Ouest du Canada. Il n'en est pas de même dans l'Est du Canada, où l'humidité est abondante en automne et où la température n'est pas généralement assez basse pour empêcher la germination des spores. C'est peut-être à cause de ces conditions que les spores de carie n'hivernent pas dans l'Est.

LA RÉSISTANCE DE VARIÉTÉS DE CÉRÉALES À LEURS CHARBONS RESPECTIFS

Toutes ces observations font clairement voir que le fait que l'infection ne s'est pas produite dans un cas spécifique n'indique pas nécessairement que la variété intéressée soit très résistante au charbon en question. Il peut se faire tout simplement que la variété ait échappé à l'infection. Quoi qu'il en soit, cependant, chaque variété de blé, d'avoine ou d'orge, possède un degré précis de résistance ou de sensibilité à chaque charbon, et il y a une très grande différence entre différentes variétés d'une même céréale au point de vue de la résistance au champignon du même charbon, par exemple, le blé Marquis est très résistant au charbon nu, et il n'est que modérément résistant à la carie, tandis que le Kota est hautement sensible au charbon nu et n'est que modérément sujet à la carie. Certaines variétés d'avoine commune, par exemple les Noire de Mesdag, Culberson, Joannette et de Sibérie sont résistantes aux charbons nu et couvert de l'avoine.[22] La solution idéale de chaque problème du charbon serait donc de développer une variété de la plante hospitalière qui serait résistante, tout en donnant satisfaction au point de vue agronomique; il faudrait pour cela que le pathologiste en végétaux et le sélectionneur unissent leurs efforts, et c'est là une voie qui offre beaucoup d'espoir. Nous citerons deux exemples pour indiquer les progrès qui ont été faits dans cette voie. Le Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis [23] a obtenu par la sélection une variété d'avoine qui est réfractaire au charbon couvert, tout en ayant une bonne productivité et un grain assez satisfaisant. Cette variété a été nommée " Markton ". Elle rend spécialement bien dans les états de la côte du Pacifique, et il peut se faire encore qu'elle se plaise dans le centre de l'Ouest. Reed [23] a fait rapport sur un croisement entre la Noire de Mesdag et l'*Avena nuda* var. *inermis*. La Noire de Mesdag est une avoine commune, noire, sans bale, qui est résistante aux charbons nu et couvert, tandis que l'autre variété est une avoine sans bale, très sensible aux deux charbons. En inoculant la semence hybride avec des spores de charbon nu, Reed a pu isoler de ce croisement des espèces à bale et sans bale, résistantes au charbon. On aurait sans doute obtenu des résultats semblables si l'on s'était servi de charbon couvert.

FORMES PHYSIOLOGIQUES DES CHAMPIGNONS DE CHARBONS

En 1924, Reed [25] a fait une découverte excessivement importante au sujet du champignon qui cause le charbon nu et couvert de l'avoine. Il avait deux collec-

[22] Reed, G. M., et al. U.S.D.A. Dept. Bul. 1275. 1925.
[23] Stanton, T.R., et al. U.S.D.A. Dept. Circ. 324. 1924.
[24] Reed, G. M. Mycologia 17:163-181. 1925.
[25] Reed, G. M. Am. Jour. Botany 11:483-492. 1924.

tions de charbon nu d'avoine qui paraissaient identiques, mais qui provenaient de deux endroits différents, l'une du Missouri et l'autre du Pays de Galles. Il a inoculé des lots de semence séparés d'un grand nombre de variétés d'avoine avec chacune de ces collections et il a cultivé la semence dans des conditions contrôlées, éminemment favorables à l'infection. Comme les charbons paraissaient être identiques, on aurait cru que les variétés d'avoine réagiraient de la même façon à chacun d'eux. Il n'en a pas été ainsi. Les deux lots de charbon ont infecté beaucoup de variétés d'avoine commune, mais l'espèce du Missouri a pu également infecter les variétés sans bale, tandis que l'espèce des Galles ne l'a pas fait. Des essais répétés ont confirmé le fait que ces lots de charbons qui paraissaient être identiques différaient l'un de l'autre en ce qui concerne les variétés qu'ils pouvaient attaquer. Comme ces charbons paraissaient être exactement semblables au microscope, la différence entre les deux doit avoir été purement physiologique. Ces espèces de champignons sont connues comme formes physiologiques. Dans le charbon couvert de l'avoine, Reed a pu distinguer deux formes physiologiques. Plus tard Faris [26] a découvert cinq formes dans le charbon couvert de l'orge, et il est très probable que l'on démontrera des formes physiologiques dans d'autres champignons de charbons.

L'existence de formes physiologiques dans les champignons de charbons a une très grande importance en ce qui concerne le développement de variétés résistantes. Si Reed n'avait opéré que sur la collection du charbon nu de l'avoine du Pays de Galles, il en aurait conclu que les variétés sans bale étaient résistantes. Il aurait même pu employer ces variétés comme parents résistants pour faire des croisements artificiels, en vue de développer une variété à bale qui serait résistante au charbon nu. Cette tentative aurait abouti à rien, car il est évident que la variété nouvellement développée aurait été tout à fait sensible partout où l'autre forme physiologique était présente. Ceci fait ressortir l'importance des formes physiologiques, ainsi que la nécessité de faire une étude parfaite de la façon dont ces formes se comportent avec chaque genre de charbon. Ce n'est que de cette façon que l'on pourra choisir ou développer des variétés résistantes, et que l'on aura l'assurance que leur résistance sera suffisante dans toutes les localités et en tout temps.

PERTES CAUSÉES PAR LES MALADIES CHARBONNEUSES

Les maladies charbonneuses causent de lourdes pertes, partout où l'on cultive des céréales. Ces pertes sont de deux genres. Il y a d'abord la diminution de rendement, causée par le développement d'épis charbonnés; la perte de ce chef peut varier depuis quelques épis jusqu'à la plus grande partie de la récolte, suivant le pourcentage d'épis charbonnés. Il y a ensuite la perte subie dans la vente du grain charbonné. On impose universellement une taxe au grain charbonné aux élévateurs, et cette taxe peut se chiffrer par un montant considérable, si le charbon est présent en quantités appréciables.

On a fait pendant bien des années, aux Etats-Unis, des évaluations soigneuses des pertes causées par les maladies charbonneuses. Pendant les six années, de 1919 à 1924 inclusivement, la perte moyenne annuelle pour les principales récoltes de grain a dépassé $100,000,000.[27]. Ce chiffre représente une perte de 2.5 pour cent de la valeur totale de la récolte pour cette période. Dans l'Illinois [28] où un recensement a été fait en 1923 pour connaître la perte causée par la carie, la perte évaluée résultant d'une diminution de rendement a été de $2,275,000 et il y a eu une perte supplémentaire de $100,000 pour la taxe (*dockage*).

---

[26] Faris, J A. Phytopathology 14:537-557. 1924.

[27] La valeur de la récolte a été calculée d'après les prix de ferme aux Etats-Unis au 1er décembre de chaque année, donnés dans l'annuaire de 1924 des Etats-Unis. On a ensuite déterminé la perte en faisant le total des pertes individuelles pour chaque maladie charbonneuse, signalée dans le U.S.D.A. Plant Disease Reporter Supplements 12, 18, 24, 30, 36 et 43 pour les années 1919 à 1924 inclusivement.

[28] U.S.D.A. Plant Disease Reporter Supplement 35. 1924.

Au Canada ce n'est que depuis quelques années que l'on fait des évaluations soigneuses des pertes causées par les maladies charbonneuses.[29] D'après l'évaluation des pertes causées par les maladies charbonneuses pendant les années 1920 à 1923 inclusivement, qui sont représentées au tableau 5, la perte moyenne annuelle subie de ce chef par le cultivateur canadien dépasse $12,500,000.

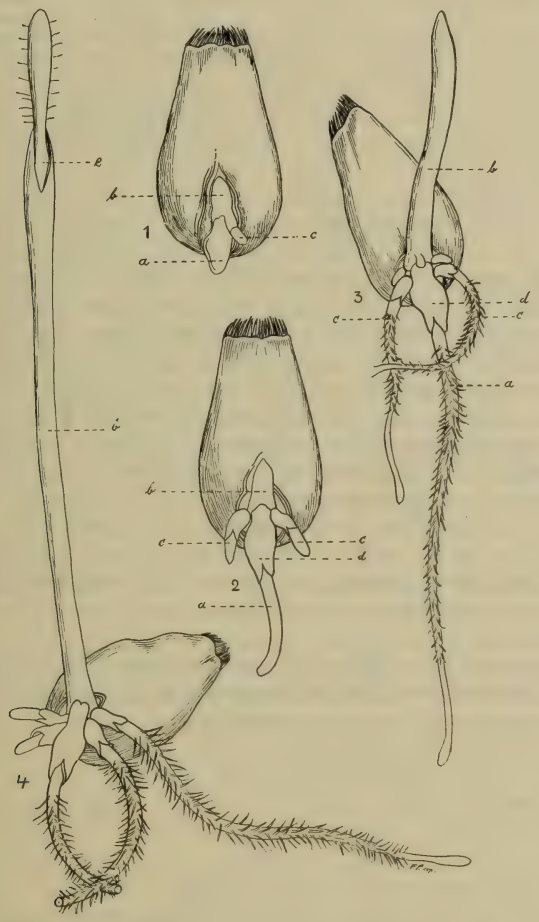


FIG. 2.—Différentes phases de la germination du blé pendant lesquelles l'infection par les spores de la carie peut s'effectuer; (*a*) racine primaire; (*b*) tige, (*c*) racines secondaires, (*d*) gaines protectrices, (*e*) point, où la première feuille verte perce la gaine; aucune infection ne peut avoir lieu après cette phase. (Dessins extraits de la série de diagrammes "The life of the wheat plant" publiée par la Société royale d'agriculture d'Angleterre, préparée par Francis Bauer sous la surveillance du docteur Wm. Carruthers, F.R.S.).

Cette évaluation modérée représente une très forte perte, d'autant plus à regretter que l'on pourrait l'abaisser à une quantité négligeable par le traitement de la semence.

---

[29] Pour cette évaluation des pertes causées par les maladies charbonneuses au Canada, on s'est basé sur le recensement des maladies des plantes au Canada, Volumes 1 à 4 pour les années 1920 à 1923. La valeur de la récolte a été prise dans le Bulletin mensuel de statistique agricole. Bureau de la Statistique 8: Partie 197. 1925.

TABLEAU 5.—PERTES MOYENNES ANNUELLES CAUSÉES PAR LES MALADIES CHARBONNEUSES AU CANADA PENDANT LES ANNÉES 1920 À 1923 INCLUSIVEMENT

Espèce de grain	Valeur de la récolte	Evaluation du pourcentage détruit par le charbon	Pertes
Blé	$331,677,000	1·2	$ 3,980,000
Orge	36,745,000	3·0	1,102,000
Avoine	199,206,000	3·4	6,773,000
Maïs	48,818,000	2·0	976,000
Perte moyenne totale	.....	.....	$12,831,000

Il est à noter au tableau 5 que le charbon et la carie du blé ont causé une perte de $3,980,000 pendant les années 1920 à 1923. Cette perte, beaucoup trop élevée, est cependant insignifiante quand on la compare aux pertes que la carie a causées pendant la première période de la colonisation dans l'ouest du Canada. Avant 1900 on signalait souvent des pertes de 30 à 40 pour cent de la récolte, causées par la carie. Cette maladie était d'une gravité alarmante et elle menaçait de limiter la production du blé dans l'Ouest canadien. Elle a perdu sa gravité depuis, grâce au développement d'un traitement utile de la semence, si bien qu'aujourd'hui elle a presque disparu des meilleurs districts de culture et ne survit que comme une indication des mauvaises pratiques de culture.

Le charbon de l'avoine fait également subir tous les ans au cultivateur canadien une perte de plus de six millions de dollars. Puisqu'il est facile de maîtriser ce charbon au moyen des traitements réguliers de la semence, comme on le verra plus loin, cette perte représente un gaspillage pour lequel il ne saurait y avoir d'excuse.

Une étude soigneuse des chiffres des pertes causées par les maladies charbonneuses devrait convaincre tous les cultivateurs de l'avantage qu'il y a à traiter régulièrement la semence de toutes les céréales.

PARTIE II

DESCRIPTION DES MALADIES CHARBONNEUSES, LEUR CYCLE ÉVOLUTIF ET LEUR TRAITEMENT

LA CARIE DU BLÉ

(Fig. 3; b, c.)

Un des caractères les plus frappants de la carie du blé est l'odeur singulière et tout à fait désagréable qu'elle communique au grain. Cette odeur se remarque même dans le grain qui n'est que légèrement infecté, surtout lorsqu'une personne venant du dehors entre dans un wagon ou une grainerie où se trouve du grain carié. Elle rappelle la saumure du hareng, d'où le nom populaire de "Maladie des harengs" donné à cette maladie, et elle provient de la présence dans la carie et dans la saumure, d'un alcaloïde volatil appelé "triméthylamine". Outre cette odeur désagréable, la "brosse" du grain est noircie par les spores, et des sacs de carie intacts sont souvent présents.

La carie du blé est causée par deux champignons parents, mais distincts, une espèce à spores lisses (*Tilletia lævis*) et une espèce à spores rugueuses (*Tilletia Tritici*). La surface rugueuse des spores est causée par des marques réticulées, en forme de filet, à la surface de la spore.

Aux Etats-Unis, l'espèce à spores lisses paraît être le plus répandu des champignons de la carie. Ces deux espèces se rencontrent dans le Michigan. Dans l'Illinois[30] on n'a trouvé que le *Tilletia lævis* dans des recherches soigneuses faites en 1923, quand la carie a causé des pertes évaluées à plus de $2,000,000. A l'ouest des montagnes Rocheuses, le *Tilletia Triciti* est beaucoup plus répandu, surtout dans la vallée Palouse de l'Orégon et du Washington où le *Tilletia lævis* est encore inconnu.[31]

Au Canada, l'espèce à spores rugueuses est la plus commune. On connaît aussi cependant l'espèce à spores lisses. Nous avons pu, grâce à l'obligeance de l'inspecteur en chef du grain à Winnipeg, nous procurer des échantillons de tous les wagons de grain qui avaient été trouvés cariés. Ces échantillons sortaient de wagons venant de toutes les parties des districts à grain des provinces des Prairies, et ils ont été prélevés pendant une période d'environ un mois, lorsque le transport du grain battait son plein. Le *Tilletia lævis* dominait sur 10 des 27 échantillons venant des provinces des Prairies; dans les 17 autres, le *Tilletia Tritici* était le plus répandu. En outre les échantillons qui présentaient le plus de *Tilletia lævis* venaient d'endroits situés au sud d'une ligne reliant Calgary, Alberta, et Winnipeg, Man. Au nord de cette ligne le *Tilletia Tritici* dominait ou se rencontrait seul. La carie paraît être beaucoup plus abondante dans l'Alberta que dans les deux autres provinces. Sur les 27 échantillons recueillis, 20 venaient de l'Alberta, 6 de la Saskatchewan et 1 du Manitoba. Dans les états contigus aux provinces des Prairies, la carie était encore plus sévère dans la partie ouest.[32] Sur 26 échantillons recueillis au marché terminus à Minneapolis, Minn., 23 venaient du Montana, 2 du Dakota-Nord et 1 du Minnesota.

Apparence dans le champ.—La plante de blé n'est infectée que lorsqu'elle est encore très jeune, avant qu'elle apparaisse au-dessus du sol, ou au moment même où elle perce le sol; on ne s'aperçoit de la maladie que vers l'époque où l'épi commence à se remplir. Les épis cariés sont d'un vert plus foncé et restent verts plus longtemps que les épis normaux. Dans les variétés où les épis normaux se penchent légèrement sous le poids croissant du grain, les épis affectés se tiennent invariablement plus droits. Dans les variétés "en massue" l'épi normalement compact se change en un type plus grêle. Dans les variétés à barbes, la barbe des épis infectés est généralement plus cassante et se rompt plus facilement, laissant les épis charbonnés presque nus. Dans la plupart des variétés, les épis

---

[30] U.S.D.A. Plant Disease Reporter Supplement 35:250. 1924.
[31] Stephens, D. E. et H. M. Woolman. Oregon Agr. College Exp. Sta. Bul. 188. 1922.
[32] Morris, H. E. et A. J. Ogaard. Mont. State College, Ext. Service Bul. 74. 1925.

infectés ont un aspect plus ou moins ouvert, à cause de la divergence plus marquée des glumes. C'est parce que les sacs de carie qui se développent sont plus gros que les grains sains, et parce que les épis malades ont un plus grand nombre de rangées de sacs de carie que les épis normaux. Dans certaines variétés, les sacs de carie sont très apparents; dans d'autres, on ne les découvre qu'avec difficulté.

Une plante peut être entièrement ou partiellement cariée. Parfois tous les épis d'une plante sont cariés; parfois il n'y en a qu'un ou deux qui peuvent être affectés. Les épis eux-mêmes peuvent être en partie cariés, et des grains normaux et des grains cariés se rencontrent ensemble dans le même épi. Un examen soigneux d'un certain nombre d'épis partiellement cariés montre que les sacs de carie et les grains n'étaient pas répartis irrégulièrement dans les épis, mais que les sacs de carie se tenaient ensemble par eux-mêmes, l'un par-dessus l'autre. Un côté ou un bord de l'épi était infecté tandis que le reste de l'épi ne contenait que des grains sains. Tous les épis n'étaient pas cariés au même degré. Toutes les gradations, depuis les épis presque complètement cariés jusqu'aux épis sains, se rencontraient, mais cette disposition que nous venons de mentionner restait la même. En outre, entre la partie saine et la partie cariée d'un épi, il y avait des grains partiellement cariés, formant ainsi une sorte de zone de transition.

Cette carie partielle peut s'expliquer de la façon suivante: Chaque épi de blé est produit dans une pousse séparée, qui a un point de végétation précis et spécial. En règle générale, le champignon attaque les différents points de végétation de bonne heure, mais lorsque, pour une raison ou pour une autre, les premiers épis ont échappé à l'infection, une deuxième pousse peut ne pas réussir à y échapper, et les points de végétation envahis par le champignon portent l'infection jusqu'à ce que des épis infectés soient produits. En outre, dans certains cas le champignon paraît se limiter à une partie de la région de végétation de l'épi, de sorte qu'un filament du tissu infecté se forme derrière le point de végétation, et il en résulte une bande charbonneuse d'un côté. Il semble donc raisonnable de croire que des épis sains et malades peuvent être produits de temps à autre par une même plante, et que des grains sains, partiellement malades et entièrement malades, peuvent être produits sur le même épi.

Si l'on presse entre le doigt et le pouce un sac de carie bien mûr, ce sac s'ouvre, tachant souvent les doigts avec une poudre graisseuse ou poussiéreuse. Cette substance est composée entièrement de spores du champignon de la carie et elle a une forte odeur de saumure de hareng. Les sacs de carie ne s'ouvrent pas normalement dans le champ même et les épis infectés sont récoltés avec les épis sains.

Les spores du champignon.—Plus tard, lorsqu'on bat ce blé, un grand nombre de sacs de carrie se crèvent et les spores mises en liberté infectent le grain sain. Au battage de blé fortement infecté, il se dégage parfois une telle quantité de spores que l'on voit un nuage noir sortant de la batteuse. Peu de gens savent que chaque sac de carie renferme de deux à trois millions de spores. Pour donner une idée de la petitesse de ces spores et pour mieux faire comprendre le danger d'infection qu'elles présentent pour le grain sain, on a pris une photographie de spores de carie à côté desquelles un cheveu humain avait été placé. Dans cette photographie, les spores et le cheveu sont fortement grossis, mais tous deux ont subi le même grossissement; nous voyons qu'il faut huit spores de carie placées l'une à côté de l'autre pour égaler l'épaisseur d'un cheveu (fig. 1; a). Cette extrême petitesse des spores nous fait mieux comprendre combien il est nécessaire de prendre des précautions pour les empêcher de se répandre dans l'air et de se déposer sur toutes sortes d'objets, instruments agricoles, outils, tas de fumier etc., d'où elles sont plus tard transportées au sol, sans parler du danger d'infection directe qui existe pour le sol et qui peut se produire dans les conditions déjà étudiées au chapitre d'introduction. Chaque spore peut, par elle-même, répandre la maladie.

FIG. 3.—Carie et charbon nu du blé. (*a*) Un épi sain, la moitié inférieure dépouillée de la bale, montre les grains sains en place. (*b* Aspect "étalé" caractéristique de l'épi de blé infecté de la carie. A noter: les quatre sacs de carie indiquent où de bons grains auraient dû se former. (*c*) Epi partiellement infecté de la carie; la croix indique un grain de blé parfaitement sain. Tous les grains au-dessous sont plus ou moins complètement cariés. (*d.d.*) Deux épis de blé détruits par le charbon, cueillis au moment de la floraison; aucun grain ne s'est formé. Toutes les figures sont légèrement grossies.

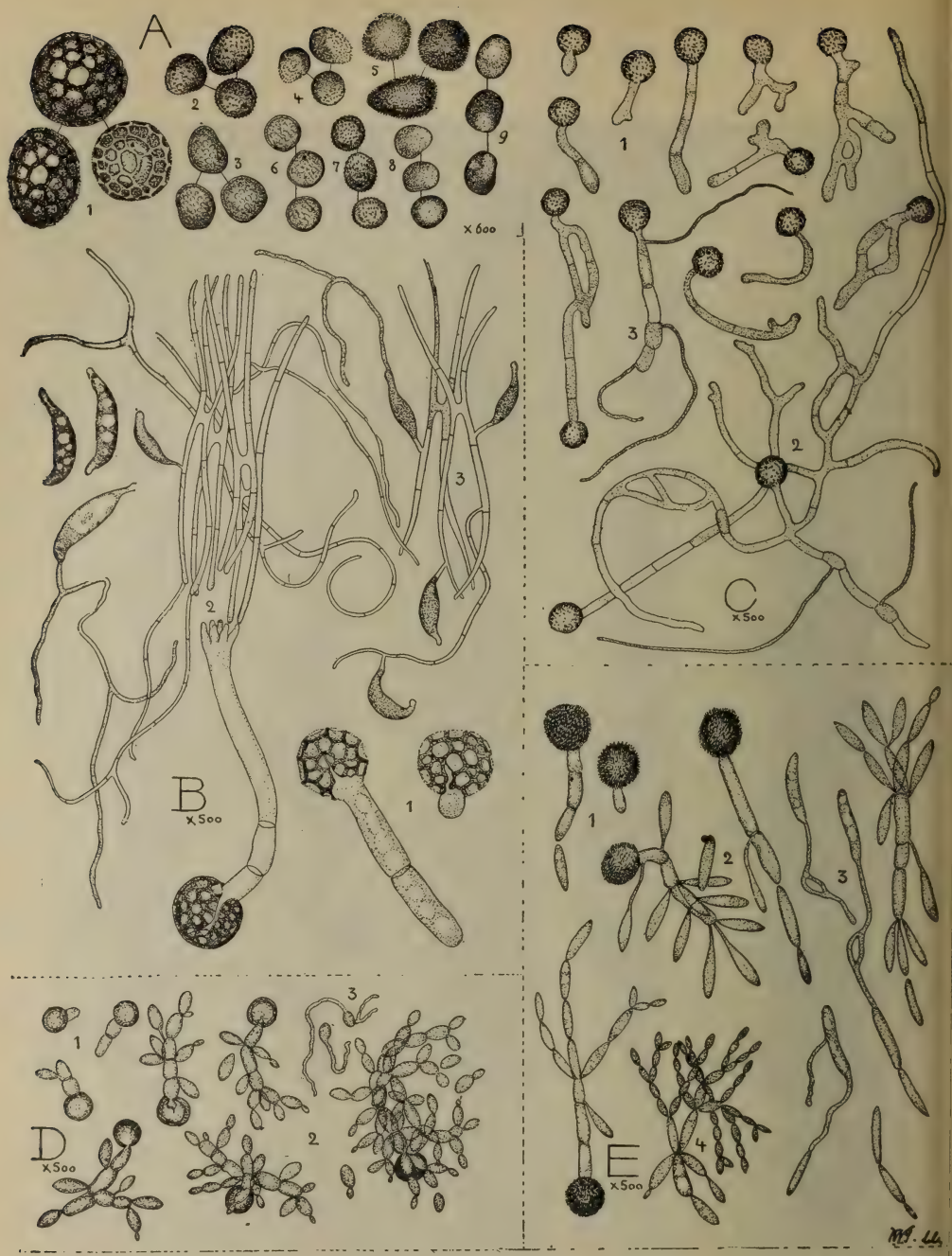


FIG. 4.—A. Trois spores de chacune des espèces suivantes de charbon. (1) carie du blé; (2) charbon nu de l'avoine; (3) charbon du millet à queue de renard; (4) charbon nu du blé; (5) charbon du maïs; (6) charbon couvert du sorgho; (7) charbon nu de l'orge; (8) charbon couvert de l'orge; (9) charbon couvert de l'avoine. B. Germination des spores de la carie. (1) Premières phases montrant la rupture de la paroi de la spore et la végétation du promycélium ou baside; (2) baside épais se terminant en une couronne de pointes d'où une couronne de conidies primaires, grêles, en forme de bâtonnet, se produit; on en voit quelques-unes qui germent; (3) conidie primaire produisant des basidiospores, dont l'une a germé. C. Germination des spores du charbon nu du blé. (1) Premières phases; (2) spore observée dans une culture artificielle pendant 12 jours; (3) le promycélium produisant de minces tubes de germes. D. Spores du charbon nu de l'avoine germant. (1) Premières phases; (2) masses de spores secondaires; (3) deux spores secondaires produisant de minces tubes de germes. E. Spores du charbon du maïs germant. (1) Premières phases; (2) production de spores secondaires; (3) spores secondaires germant; (4) production de la conidie de l'air sortant de la conidie secondaire.

Nous avons déjà comparé la spore du champignon à la "graine" des plantes. Cette comparaison est exacte, la spore est la "semence" de la maladie de la carie, tout comme le grain ou l'amande du blé est la semence du blé.

Les spores du champignon de la carie sont des corps minuscules, ronds, brunâtres, à surface lisse ou réticulée, suivant l'espèce.

Longévité des spores.—La longévité des spores de carie a été l'objet de nombreuses investigations. Les spores détachées conservent leur vitalité pendant au moins trois ans, mais on sait que des spores conservées dans les sacs de carie non ouverts ont germé après sept ou huit années. D'autre part, le blé qui avait été conservé huit ans dans de bonnes conditions d'emmagasinage et qui, tout d'abord, germait dans la proportion de 99 p.c. ne donnait plus, après cet intervalle, qu'une germination de 47 p.c. On voit qu'il est bien inutile de compter se débarrasser de la carie en gardant longtemps du blé infecté. La longévité des spores de carie est importante pour le champignon lui-même; c'est une adaptation naturelle aux conditions dans lesquelles il lui faut vivre. Si la spore ne devait rester en vie que peu de temps—comme elle le fait dans les charbons nus,—alors la carie n'aurait que fort peu de chances de se perpétuer. La fonction de la graine ou de la spore est de se reproduire, c'est pourquoi les plantes qui dépendent entièrement de ce mode de reproduction ont généralement des graines qui vivent longtemps.

Germination de la spore.—Lorsqu'on sème du blé contaminé de spores du charbon, les spores passent par différentes phases de développement avant d'infecter la plante de blé. En premier lieu, la paroi extérieure de la spore se fend et il en sort un tube germinal court et épais (fig. 4; B, 1.). C'est ce que l'on appelait autrefois le promycélium. Des recherches faites récemment par Buller et Vanterpool[33] ont démontré qu'il devait être considéré comme un vrai baside. La phase suivante est la production d'une série de conidies grêles, en forme de bâtonnet, arrangées autour de l'apex du baside (fig. 4, B, 2). Ces conidies sont disposées en paires, chaque paire formant une structure en forme de H. Les basidiospores proprement dites sont produites sur de courtes tiges, soit directement sur cette structure ou sur un mycélium ténu, semblable à un cheveu, qui s'en développe (fig. 4; B, 3.). Les basidiospores émettent à leur tour de fins tubes en forme de cheveux. Ce sont les tubes d'infection. Lorsqu'ils viennent en contact avec la semence germante, à partir du moment où la radicelle est formée jusqu'au moment où la première feuille s'apprête à percer sa gaine protectrice, il en résulte presque invariablement une infection. Ce tube d'infection perce les tissus jeunes et tendres de la plante du blé, et quand il réussit à arriver au point de développement, il continue à se développer avec la plante, ne donnant aucune indication de sa présence jusqu'à la production des spores, qui se fait dans l'épi. (Fig. 2.)

La carie n'attaque que le blé.—Aux points de vue microscopique et biologique, la carie du blé est tout à fait différente des autres maladies charbonneuses du grain. Chaque espèce de grain a certains parasites qui lui sont spéciaux, et qui ne peuvent attaquer aucune autre plante. Par exemple lorsque l'on sème de la semence d'orge ou d'avoine qui porte des spores de la carie du blé, aucune infection de carie ne se produit; de même les spores du charbon de l'avoine n'infectent pas le blé ou l'orge. D'ailleurs, comme chaque carie est distincte, la méthode d'infection n'est pas toujours la même. Nous avons déjà traité cette question au chapitre 1. Pour ces raisons, le traitement appliqué contre un charbon ne réussit pas toujours pour un autre charbon. Parfois les différences entre les variétés d'une même céréale font qu'il est nécessaire d'employer différents traitements pour le même charbon. Le carbonate de cuivre est très satisfaisant pour prévenir le charbon dans l'avoine sans bale, tandis que la formaline donne de bons résultats sur les variétés ordinaires à bale, mais elle est toujours nuisible pour les variétés "nues".

---

[33] Buller, A.H.R. et T.C. Vanterpool. Nature 116: 934-935. 1925.

TRAITEMENT DE LA SEMENCE POUR PRÉVENIR LA CARIE

Est-il bon de traiter tout le blé avant de le semer?—Lorsque le blé est carié, il est nécessaire de traiter la semence avant de la confier au sol si l'on veut avoir une récolte propre. Ce blé porte beaucoup de spores de la carie et on découvre facilement leur présence par l'odeur qu'elles émettent et par le noircissement de la brosse du grain. Il arrive parfois cependant que les spores de la carie, tout en étant nombreuses sur la semence, sont difficiles à découvrir par l'apparence ou par l'odeur. Lorsqu'on sème cette semence sans la soumettre à un traitement, la récolte qui en provient peut être gravement cariée si les conditions sont favorables à l'infection. La graine qui ne porte pas de carie peut aussi devenir contaminée par une batteuse sale, des sacs cariés ou par d'autres causes. Cette infection légère peut ensuite prendre des proportions destructives. Comme il est très difficile de découvrir une infection légère et que l'on peut fort bien ne pas s'en apercevoir, il est bon de traiter toute la semence avant de la semer, afin de prévenir une explosion de carie.

Ce traitement de la semence du grain est tout aussi nécessaire contre les autres charbons, qui, de même que la carie du blé, infectent les plantules. Les observations faites en grande culture ont démontré que ces charbons, spécialement celui de l'avoine, sont plus répandus que la carie du blé, et pourtant il est facile de les prévenir par le traitement de la semence. Il est donc évident que le grain de semence des autres céréales que le blé n'est pas traité aussi régulièrement qu'il devrait l'être avant d'être mis en terre.

Nous avons dit que les effets néfastes causés par le champignon du charbon en poussant à l'intérieur de la plante peuvent n'être apparents qu'à l'épiaison; on s'aperçoit alors que ces épis sont détruits. Parfois cependant le champignon à l'intérieur de la plante est faible et ne réussit pas à atteindre l'épi. Celui-ci échappe alors à l'infection, mais le grain est de pauvre qualité.

Il est donc toujours bon pour cette récolte d'employer de la semence provenant d'une récolte que l'on sait être tout à fait exempte de carie. On devrait autant que possible ne semer que du grain développé et bien nourri, car c'est ce grain qui produit les meilleures plantes et les plus gros rendements, tandis que le grain mal développé a une pauvre vitalité et produit ordinairement une faible récolte.

Nécessité de prévenir la carie dans la semence souche d'élite et la semence enregistrée.—L'Association canadienne des producteurs de semence a accompli un travail important en produisant d'excellentes espèces des meilleures variétés de céréales et en maintenant la pureté des espèces après qu'elles ont été produites. Il est admis aujourd'hui que la semence canadienne est très pure et de très haute qualité, mais la pureté et l'absence de mauvaises herbes ne sont pas tout, il faut encore que la semence d'élite et la semence enregistrée ne soient pas infectées de maladie. Cette absence de maladie est un idéal que l'on n'atteint pas toujours mais en ce qui concerne les maladies charbonneuses que l'on comprend bien et que l'on sait combattre on ne devrait avoir aucune difficulté à tenir la semence relativement propre, sans contamination.

La première chose nécessaire est de se faire un type modèle, clairement défini de semence saine. Ce type modèle doit nécessairement être très élevé, parce que, lorsqu'un producteur achète de la semence et qu'il trouve des traces de carie dans sa récolte, il est naturellement désappointé et perd sa confiance dans la semence de haute qualité. Etant donnés les travaux déjà accomplis par l'Association canadienne des producteurs de semence, il semble que l'on ne devrait pas émettre de certificat pour une récolte contenant plus de un dixième de 1 pour cent de carie. Dans le système actuel d'évaluation de pureté et d'absence de maladie, on fait six comptages dans chaque champ, à des points bien séparés l'un de l'autre. Chaque comptage couvre une étendue de 15 pas de long et de 20 pieds de large. Cette étendue mesure environ un cinquantième d'acre et contient en moyenne 10,000

plantes de céréales. Si l'on trouve plus de 10 plantes infectées dans chaque comptage, soit au total 60 plantes infectées pour les six comptages, la récolte doit être considérée comme inéligible pour l'enregistrement.

On jugera peut-être que cette proportion est très élevée, mais si l'on admettait plus de charbon il se verrait très facilement, et ceci détruirait la confiance du public dans la valeur des semences de haute qualité. Quelle que soit l'espèce de charbon présent, soit le charbon nu ou le charbon vêtu, plus facile à combattre, il semble qu'il soit vivement à désirer que l'on ne permette pas plus de un dixième de 1 pour cent d'infection. On peut sans peine atteindre ce type modèle dans le cas des charbons faciles à combattre, comme la carie du blé, le charbon vêtu de l'orge et le charbon de l'avoine. Si la proportion de charbon est plus élevée, c'est que le propriétaire a négligé de traiter son grain ou qu'il n'a pas bien appliqué le traitement. En deuxième lieu, les charbons nus du blé ou de l'orge sont si difficiles à combattre que l'on devrait autant que possible se procurer de la semence exempte de ces maladies. Le maintien d'un type modèle rigoureux est indispensable pour protéger l'acheteur de grain de semence contre une explosion de charbon nu dans sa récolte.

On devrait rejeter les lots de semence des variétés que l'on sait être sensibles au charbon nu, si l'on constate, à l'époque de l'inspection sur pied, que la récolte contient plus de un dixième de 1 pour cent de charbon. Cependant, dans les variétés qui, en raison de leur résistance inhérente, présentent généralement un pourcentage de charbon inférieur au type modèle, on pourrait parfois tolérer un pourcentage un peu plus élevé.

D'aucuns jugeront peut-être que cette proportion de un dixième de 1 pour cent, en ce qui concerne les charbons faciles à prévenir, est trop élevée, car la présence de ces charbons n'affecte en rien la qualité de la semence et ils peuvent être enlevés l'année suivante par un bon traitement de la semence. Mais la semence rejetée n'est pas perdue pour cela. Lorsque la quantité de charbons faciles à prévenir dépasse le type modèle, mais que la récolte est satisfaisante sous d'autres rapports, on pourra permettre de multiplier cette semence, à condition qu'elle soit traitée, avant d'être semée, l'année suivante, de façon à éliminer le charbon. Seule la partie de la semence conservée par le producteur original serait sujette à cette condition; le reste, s'il y en a, devra être vendu dans les catégories régulières du marché. Si cette semence conservée produisait une récolte sans charbon et répondant à toutes les autres conditions, un certificat régulier serait délivré pour la nouvelle semence.

Que cette proposition soit adoptée ou qu'elle ne le soit pas, il est bien évident que la recommandation contenue dans le paragraphe qui précède s'applique tout aussi vigoureusement dans ce cas. Il importe que le producteur ordinaire traite toute sa semence avant de la semer; quant au producteur de semence d'élite ou de semence enregistrée, il devrait prendre des précautions encore plus grandes.

Nettoyage de la semence avant le traitement.—Quel que soit le traitement employé, tout le blé ou tous les autres grains devraient être parfaitement nettoyés avant d'être traités. Il y a à cela plusieurs raisons. On doit toujours nettoyer le grain de semence pour en enlever les graines de mauvaises herbes, la balle, les grains fendus et la terre, et cette précaution est doublement nécessaire dans le grain qui doit être traité parce que le traitement appliqué au grain sale perd beaucoup de son efficacité.

Si, en effet, le traitement consiste en un saupoudrage, les parcelles de balle et la terre qui adhèrent à la semence empêche la poussière de bien adhérer au grain, parce que la semence ne peut porter sur sa surface qu'un certain nombre de particules, que ce soient des particules de matière inerte ou de poussière chimique. Les particules de poussière qui n'adhèrent pas à la semence ne jouent aucun rôle dans la lutte contre le charbon. Comme le grain saupoudré ne peut être donné aux bestiaux, toutes les criblures que l'on enlève du grain après le traitement sont sans valeur. D'ailleurs, la poussière qui adhère aux criblures

est perdue également. Disons enfin que l'on ne pourrait pas se servir du tarare ordinaire pour nettoyer une semence saupoudrée, car l'opérateur se rendrait malade en respirant l'air fortement chargé de poussière.

Si l'on emploie un traitement humide, les impuretés aussi bien que la semence s'imprègnent de la solution, et la partie de la solution qui est absorbée par les impuretés est perdue. Il est essentiel d'ailleurs d'humecter parfaitement la semence avec la solution pour que le traitement donne de bons résultats. Le fait que la semence propre est plus facilement humectée par la solution que la semence sale est un autre argument en faveur du nettoyage de la semence.

Mais il y a encore d'autres raisons pour employer de la semence propre quand il s'agit de la carie du blé. Les sacs de carie sont presque tous enlevés du grain au cours du procédé de nettoyage. Il est important qu'il en soit ainsi, surtout si l'on doit employer un traitement humide, car aucune solution ne peut pénétrer les sacs de carie non brisés, et ceux qui restent dans le grain sont exposés à s'ouvrir ou à se broyer, réinfectant ainsi le grain et détruisant presque toute la valeur du traitement. Il est vrai que lorsqu'on emploie les traitements de poussière, la poussière dont la semence est revêtue l'empêche d'être réinfectée par les sacs de carie brisés, mais comme nous le faisions remarquer, si le grain n'est pas nettoyé, le traitement coûte plus cher et il a d'autant moins d'utilité.

Traitements recommandés.—Le traitement idéal est celui qui prévient la carie sans réduire la faculté germinative de la semence, qui n'exige pas trop de travail et ne coûte pas trop cher. Un traitement qui ne remplit pas toutes ces conditions n'est pas satisfaisant au point de vue pratique, quand bien même il réussirait à maîtriser la maladie. Dans bien des cas, le choix entre deux traitements aussi efficaces l'un que l'autre dépend des ingrédients chimiques que l'on a à sa disposition, de leur coût et de la proportion de charbon que renferme la semence.

La poussière de carbonate de cuivre donne de très bons résultats contre la carie du blé; elle est recommandée pour cela. Bien appliquée, elle prévient la maladie sans endommager la semence le moindrement. On peut faire le saupoudrage plusieurs mois avant que la saison des gros travaux ne commence au printemps; la semence traitée conserve toute sa valeur et n'est pas exposée à se recontaminer. Le carbonate de cuivre coûte plus cher que le formol (formaline) actuellement, mais l'économie de semence, la densité plus forte de la récolte dédommagent du surcroît de frais.

La formaline a été plus employée que tout autre fongicide parce qu'elle supprime très bien les charbons, mais, de même que le sulfate de cuivre (couperose bleue) elle abîme plus ou moins la semence, quels que soient les soins que l'on apporte à son application. Pour cette raison, la formaline n'est recommandée que lorsque la semence est excessivement cariée. Lorsque les spores noircissent non seulement la brosse du grain, mais paraissent également sous forme de points visibles sur la surface de la semence, le carbonate de cuivre ne peut entièrement maîtriser la maladie. Ils sont rares cependant les grains qui sont charbonnés à ce point.

Après la poussière de carbonate de cuivre, l'arrosage à la formaline se recommande par la simplicité du traitement et la facilité de son application. Il existe plusieurs autres modes d'emploi de la formaline qui donnent également des résultats satisfaisants contre la carie. Le plus connu est celui qui consiste à plonger la semence, soit en vrac ou dans des sacs, dans une solution de formaline. On trouve dans le commerce des machines spéciales, dont beaucoup traitent le grain parfaitement. Aucun de ces traitements à la formaline, cependant, n'est supérieur à l'aspersion, sauf dans des cas tout à fait spéciaux, qui seront notés au cours de la discussion des traitements respectifs.

TRAITEMENT À LA POUSSIÈRE DE CARBONATE DE CUIVRE

La poussière de carbonate de cuivre est une poudre verdâtre, amorphe, ne contenant pas de cristaux lorsqu'elle est pure. Chimiquement c'est un carbonate

de cuivre basique, contenant une partie de carbonate de cuivre combinée avec une partie d'hydrate de cuivre. Les proportions de carbonate de cuivre et d'hydrate de cuivre varient assez fortement; l'hydrate de cuivre augmente aux dépens du carbonate de cuivre si l'on maintient une température trop élevée pendant la fabrication. Le carbonate de cuivre est insoluble dans l'eau mais il se dissout lentement dans les acides faibles, comme l'acide carbonique. Les acides organiques du sol le rendent sans doute suffisamment soluble pour qu'il puisse empêcher la germination des spores. Le carbonate de cuivre de bonne qualité est très stable dans des conditions ordinaires, et il n'est pas sujet à la déliquescence ou cristallisation. La poussière gardée dans un endroit sec se conserve presqu'indéfiniment.

La poussière de carbonate de cuivre a été essayée pour la première fois dans la Nouvelle-Galles du Sud pour le traitement de la carie. En 1917, Darnell-Smith,[34] a dit avoir obtenu de meilleurs résultats avec le carbonate de cuivre qu'avec la solution de couperose bleue, suivie par une application de chaux, le traitement régulier en Australie. Il a été essayé depuis lors aux Etats-Unis, en Afrique du Sud, en Angleterre et dans d'autres pays européens, et il est employé aujourd'hui presque universellement en Australie et aux Etats-Unis. Dans les états de la côte du Pacifique, où l'infection résultant de la présence de spores dans le sol est un problème sérieux, et où la germination de la semence est grandement affaiblie par la formaline, ce traitement a rapidement supplanté tous les autres. En Californie, on estime qu'en l'automne de 1922 il s'est ensemencé 250,000 acres avec de la semence saupoudrée de carbonate de cuivre. Dans les autres états à blé importants comme le Kansas, le Minnesota, le Dakota-Nord, le Montana, etc., on le recommande aujourd'hui pour maîtriser la carie du blé. Dans l'Ouest du Canada, le carbonate de cuivre a été soumis à de nombreux essais pendant bien des années par le Service de la botanique pour combattre la carie du blé. La carie a été aussi bien maîtrisée par le carbonate de cuivre que par la formaline, et sans que la semence en souffre.

Avantages du traitement au carbonate de cuivre.—Le traitement du grain de semence avec de la poussière de carbonate de cuivre présente de grands avantages sur le traitement à la formaline. Nous avons vu que le carbonate de cuivre n'affaiblit pas la germination de la semence au même point que la formaline. Lorsque la solution de formaline est assez forte pour détruire les spores de charbon sur la semence, la germination de la semence est affaiblie. Les résultats d'un essai sont consignés au tableau 6. Ils sont typiques de l'effet exercé par ces fongicides sur la germination.

TABLEAU 6.—EFFET DU TRAITEMENT DE LA SEMENCE SUR LA GERMINATION DU BLÉ MARQUIS SEMÉ DANS DE LA TERRE EN SERRE

Traitement	Pourcentage de germination		
	Fort	Faible	Total
Formaline	84	6	90
Carbonate de cuivre	96	2	98
Témoin—pas de traitement	94	4	98

La batteuse moderne à haute vitesse fend ou casse beaucoup de grains. Ces ruptures dans l'enveloppe de la semence, spécialement sur le germe, intensifient les mauvais effets de la formaline, et les dommages sont encore plus élevés lorsque la semence est semée dans un sol sec. D'ailleurs, l'emploi de traitements humides fait toujours courir un risque. Il faut sécher le grain si l'on ne peut pas le semer immédiatement; la gelée, le chauffage et la germination sont à craindre dans l'intervalle. Il faut aussi régler le semoir de façon à laisser passer le grain

[34] Darnell-Smith, G.P. Agr. Gaz. Nouvelle-Galles du Sud 28:185-189, 1917.

gonflé. D'autre part, on peut, à toute époque de l'année, traiter la semence avec du carbonate de cuivre et la conserver sans craindre qu'elle ne s'abîme, car la faculté germinative n'est affaiblie d'aucune façon.

Le principe des traitements de poussière.—Pour détruire les germes de carie, lorsqu'on emploie du carbonate de cuivre, il est essentiel que toute la surface du grain soit enduite d'une *pellicule uniforme de poussière.* C'est là une condition que l'on ne peut obtenir que si l'on emploie une machine pour appliquer la poussière. Nous avons essayé les deux modes de traitement, le premier consistant à secouer la semence avec la quantité nécessaire de poussière dans un petit contenant et le second à employer une petite saupoudreuse mécanique. La machine a donné chaque fois de meilleurs résultats que le secouement à bras. Il ne suffit pas de pelleter le grain et la poussière ensemble; cette opération ne donne pas de résultats satisfaisants.

Le choix de la saupoudreuse mécanique.—Pour le choix de la saupoudreuse, le cultivateur se réglera sur l'étendue qu'il ensemence en blé. Si l'étendue est considérable, une des grandes machines commerciales est bien préférable. On trouve déjà une machine de ce genre dans l'Ouest du Canada et d'autres feront sans doute bientôt leur apparition. On peut faire une bonne saupoudreuse avec une petite bétonnière verticale, pourvue d'un couvercle imperméable à la poussière. Il existe différentes dimensions de saupoudreuses mécaniques et de bétonnières, à bras ou à moteur. Celles qui sont à moteur peuvent être ajoutées au tarare, faisant ainsi du nettoyage et du saupoudrage du grain une opération continue. Pour les petites étendues, un des mélangeurs faits chez soi et que nous décrivons plus loin donnera des résultats satisfaisants.

Description de saupoudreuses.—(a) Machines commerciales.—Un certain nombre de saupoudreuses mécaniques ont été imaginées et mises en vente aux Etats-Unis par des maisons commerciales. Parmi les différents modèles qui ont été conçus, les machines construites sur le principe du mélangeur en baril (fig. 6) décrit plus loin ont été très bien accueillies. La poussière de carbonate de cuivre et le blé sont jetés par des trémies séparées à une extrémité dans un cylindre imperméable à la poussière et le grain parfaitement saupoudré en sort à l'autre extrémité. La poussière peut être appliquée à la semence dans toute quantité désirée. Comme le fonctionnement de la machine commerciale est continu, on peut traiter de grandes quantités de grain dans un temps relativement court. Pour obtenir les meilleurs résultats avec une machine de ce genre, il faut suivre avec soin les instructions relatives à sa conduite. L'entrée du carbonate de cuivre doit être réglée soigneusement afin de laisser passer la quantité de poussière nécessaire.

(b) Bétonnière.—Une bétonnière du type simple, à baril (vertical), actionnée à la main ou par un moteur à gazoline, fait parfois partie du matériel de la ferme. On peut en faire une excellente saupoudreuse pourvu qu'elle soit propre et lisse à l'intérieur et que l'ouverture du baril soit recouvert d'un bon couvercle pour retenir la poussière, tandis que l'on traite le blé. Cette bétonnière fonctionne bien si l'on n'y met pas plus d'un boisseau. De quinze à vingt révolutions donnent un mélange parfait.

(c) Barattes à traiter.—On peut facilement faire un mélange d'une petite capacité au moyen d'une baratte rotative (à baril) d'une capacité de 20 gallons ou plus. Cette baratte peut être employée dans la forme où elle se trouve, ou on peut augmenter son rendement en y insérant des palettes de tôle (fig. 5). Melchers et Walker[35] ont parfaitement décrit et illustré la fabrication et l'ajustage des palettes à mélange. Voici leur description:—

"Les patrons pour couper et plier les palettes sont indiqués dans la vignette. La palette inférieure est placée près du fond, à un angle de 45° avec le plancher de la baratte. La palette du centre a une largeur égale à la moitié du plus grand diamètre de la baratte, mais elle est placée au centre, les deux côtés ouverts, et le plan de la palette à angle droit avec le plan de la palette inférieure. La palette supérieure est placée près du dessus de la baratte, formant un angle de 45° avec le dessus et parallèle à la palette inférieure. Elle est semblable à la palette inférieure, à l'exception d'une ouverture près des douves pour faciliter l'écoulement du blé après que la charge est suffisamment mélangée. On peut se servir de grosses broquettes à tapis ou de petites vis pour fixer les palettes en place.

"La position des palettes est telle que lorsqu'on fait tourner la baratte dans le sens indiqué par la flèche dans la fig. 5, le carbonate de cuivre et le grain sont parfaitement mélangés ensemble.

---

[35] Melchers, L. E. et H. B. Walker. Kans. Agr. Exp. Sta. Circ. 107. 1924.

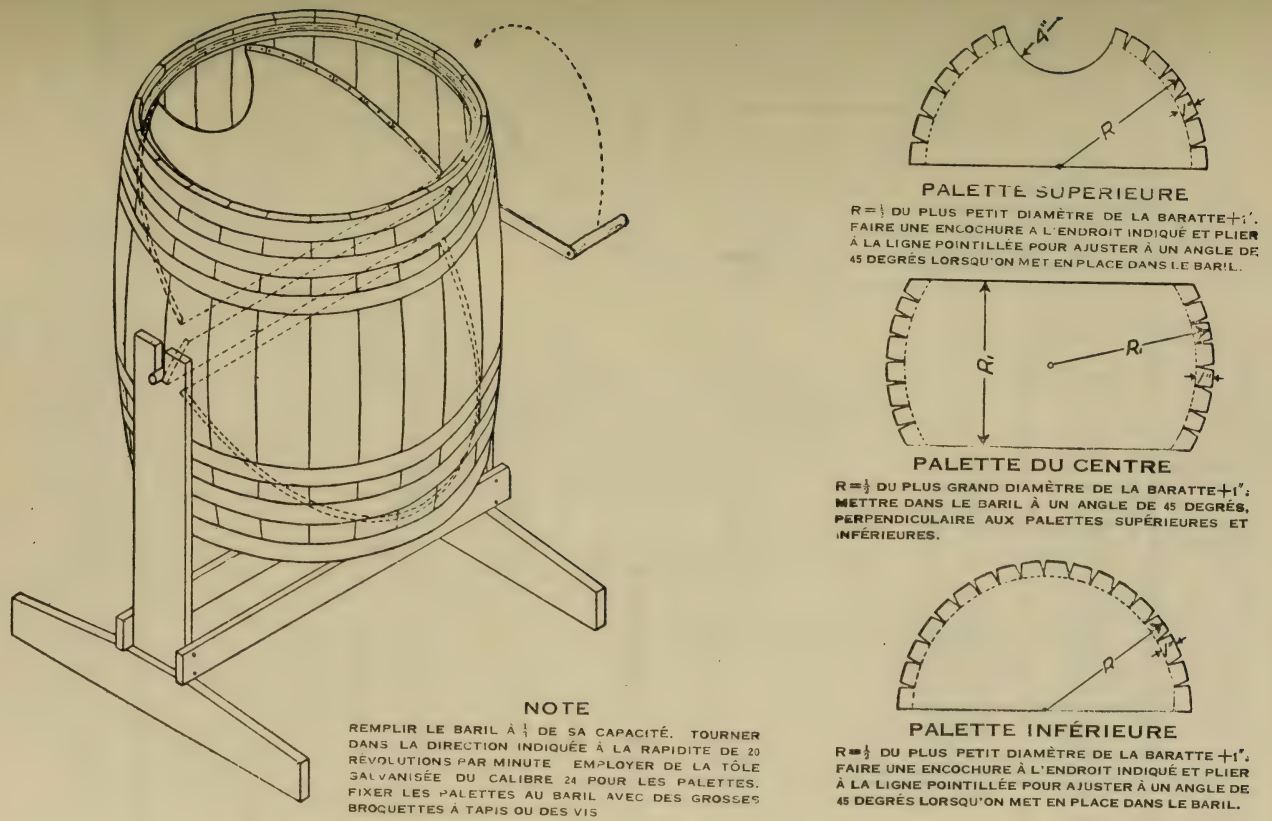


FIG. 5.—Plans d'une baratte pour appliquer le traitement contre le charbon. (D'après Melchers et Walker, Kans. Agr. Exp. Sta. Circ. 107, 1924).

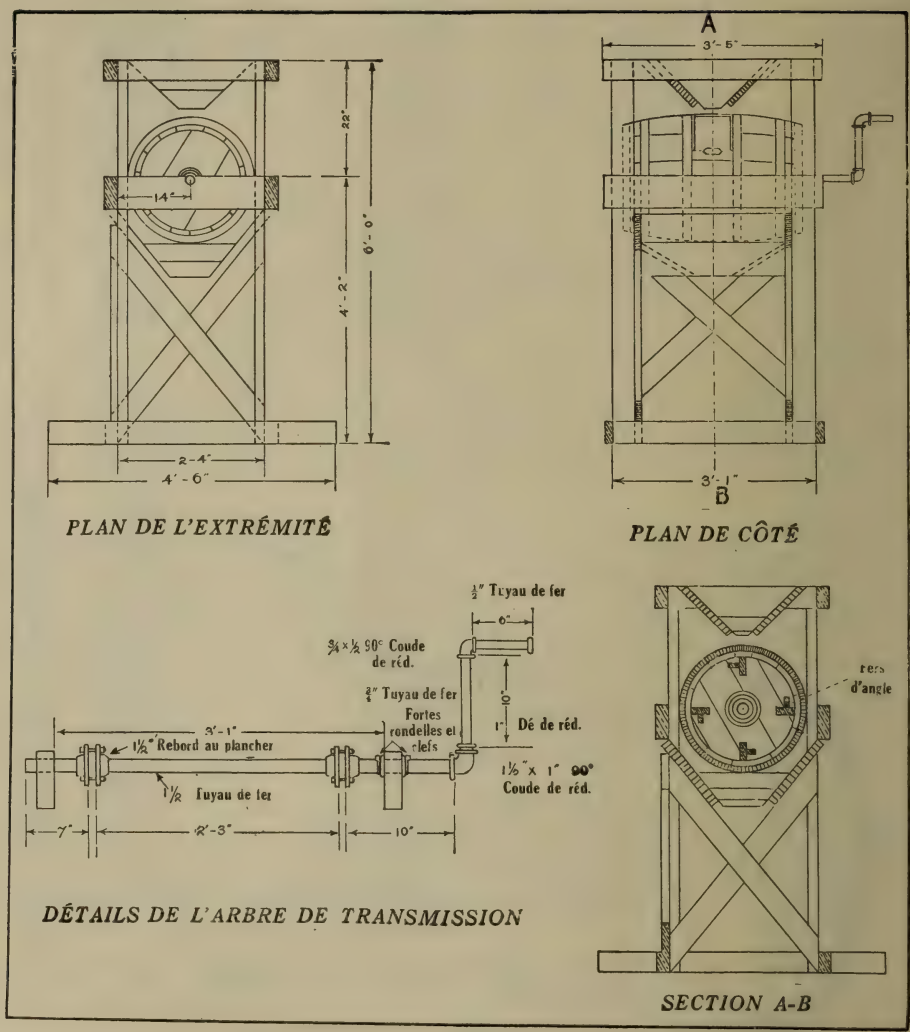


FIG. 6.—Plans d'un baril pour appliquer le traitement contre le charbon. (D'après Melchers et Walker, Kans. Agr. Exp. Sta. Cir. 107, 1924).

La bonne quantité pour ce genre de mélangeur est de trois quarts de boisseau; la baratte doit tourner à raison d'environ 20 révolutions par minute. Un mélange parfait exige au moins 1½ minute.

Si la baratte était employée sans palettes, il faudrait 3 minutes pour mélanger le grain parfaitement.

(*d*) Mélangeur-baril.—L'un des mélangeurs les plus satisfaisants du type cylindrique est celui que l'on fait au moyen d'un baril. Melchers et Walker[35] ont donné la liste des matériaux nécessaires pour ce mélangeur ainsi que les directions complètes pour le construire. Nous suivrons leurs recommandations presque complètement dans la description qui suit. Le plan de construction est montré à la figure 6. Ce plan peut être modifié quelque peu si l'on n'a pas tous les matériaux recommandés. Si le mélangeur est muni de trémies à grain supérieure et inférieure, comme l'indique la vignette, le grain peut être traité facilement et rapidement. Le mélangeur a une capacité de un boisseau. Pour un mélange parfait, il faut faire tourner le baril à raison de 30 révolutions par minute pendant 1½ minute. Le coût des matériaux pour la construction est d'environ $15.

On peut acheter les matériaux suivants dans la localité, si on ne les a pas déjà sur la ferme:—

LISTE DES MATÉRIAUX POUR LE MÉLANGEUR-BARIL

Nombre	Dimensions	Longueur	Catégorie	Item
1.....	2″ x 6″	12′	Dimension n° 1.....	Charpente.
3.....	2″ x 4″	12′	"	"
1.....	2″ x 4″	16′	"	"
1.....	1″ x 10″	12′	Shiplap n° 1.....	Trémies.
1.....	1″ x 8″	12′	"	"
2.....	1″ x 4″	12′	Planches n° 1.....	Palettes à mélange.
1.....	1″ x 4″	14′	"	"
1.....	1½″	2′ 3″	.....	Tuyau de fer.
1.....	1½″	10″	.....	"
1.....	1½″	7″	.....	"
1.....	¾″	10″	.....	"
1.....	½″	6″	.....	"
1.....	1½″ x 1″	.....	.....	Coude de réduction de 90°.
1.....	¾″ x ½″	.....	.....	"
1.....	1″	.....	.....	Dé de réduction.
1.....	½″	.....	.....	Couvercle.
4.....	1½″	.....	.....	Rebords au plancher.
8.....	¼″	2″	.....	Boulons de poêle.
2.....	2″	.....	.....	Fortes rondelles et clefs.
32.....	.....	1″	.....	Vis en bois.
2 liv..	.....	3½″	Fil de fer.....	Clous.
1 liv..	.....	2½″	"	"
1.....	.....	.....	Standard.....	Baril à vinaigre.

"Taillez les quatre poteaux d'angle, chacun de 6′ de long, dans deux des morceaux de 2″ x 4″ x 12′. Taillez deux morceaux pour la charpente supérieure des bouts, chacune de 2′ 4″ de long et deux morceaux pour les côtés, chacun de 3′ 5″ de long, dans les morceaux de 2″ x 4″ x 12′. Clouez la charpente des côtés à la charpente des bouts, formant un rectangle dont les dimensions intérieures sont de 2″ x 4″ de large par 3′ 1″ de long. Employez des clous de 3½″. Ajustez bien les coins d'équerre.

"Coupez deux morceaux inférieurs pour la charpente du bout chacun de 4′ 6″ de long et deux morceaux inférieurs pour la charpente de côté, chacun de 3′ 1″ de long dans les morceaux de 2″ x 4″ x 16′. Clouez la charpente des côtés à la charpente des bouts, formant un rectangle dont les dimensions intérieures sont de 2′ 4″ de large par 3′ 1″ de long. Remarquez que les morceaux de l'extrémité font saillie sur la charpente de côté pour former l'appui de base. Mettez bien les coins d'équerre et clouez, en employant des clous de 3½″.

"Placez les poteaux de 2″ x 4″ x 6′ en position entre les rectangles avec les dimensions de 4″ le long des côtés de la charpente et la dimension de 2″ le long de l'extrémité, ainsi que le montre la figure 6, et clouez soigneusement aux cadres supérieur et inférieur avec des clous de 3½″.

"Coupez deux morceaux intermédiaires pour la charpente de côté, chacun de 3′ 5″ de long, et deux morceaux intermédiaires pour la charpente du bout, chacun de 2′ 4″ de long dans les morceaux de 2″ x 6″ x 12′. Percez un trou de 2″ à 14″ de l'extrémité et à 1″ du dessus, à travers chacun des deux morceaux des extrémités, pour former le support pour l'arbre de transmission. Clouez ces deux morceaux intermédiaires aux poteaux d'angle, le côté supérieur à 22″ du sommet des poteaux, ainsi que le montre le plan (fig. 6). Servez-vous de clous de 3½″.

"Coupez deux tirants diagonaux dans un bout des planches de 1″ x 4″ x 12′ et un tirant diagonal dans le reste de la planche de 1″ x 4″ x 12′. Coupez le quatrième tirant diagonal

dans la planche de 1″ x 4″ x 14′. Mettez la charpente bien d'équerre et clouez les tirants du bout à l'intérieur des poteaux du bout avec des clous de 2½″. Remarquez que les tirants du bout doivent être à une hauteur suffisante sur les poteaux pour que le bord supérieur du shiplap, lorsque celui-ci est mis en place, soit de niveau avec le bord inférieur des morceaux de charpente intermédiaire de côté, de 2″ x 6″.

"Taillez dans la partie qui reste de la planche de 1″ x 4″ x 14′ deux morceaux en diagonale pour la charpente de côté. Ajustez la charpente soigneusement d'équerre et clouez solidement en place sur les poteaux extérieurs (voir plan). Servez-vous de clous de 2½″. Taillez maintenant deux morceaux dans le shiplap de 1″ x 10″ x 12′ et deux morceaux dans le shiplap de 1″ x 8″ x 12′ pour s'ajuster entre les poteaux de côté, pour former les côtés de la trémie inférieure à grain. Mettez un morceau de 1″ x 10″ et un morceau de 1″ x 8″ sur chaque côté et clouez ces morceaux solidement aux tirants des extrémités avec des clous de 2½″. Vous avez maintenant les côtés de la trémie, les extrémités pourront être faites avec les morceaux de shiplap de 1″ x 10″ et de 1″ x 8″. Coupez ces morceaux pour qu'ils s'ajustent bien lorsqu'ils sont placés en s'inclinant vers le bas à un angle d'environ 30° au centre. Servez-vous de clous de 2½″.

"Percez un trou de 2″ à travers le centre des fonds supérieur et inférieur du baril. Enlevez un fond du baril, en ayant soin de ne pas casser les planches car ce fond devra être remis en place après que les palettes et la manivelle seront en position. Pratiquez une ouverture à l'intérieur du baril, au centre, choisissant une combinaison de deux douves qui donnera la plus grande ouverture sans couper les douves entièrement en deux. Faites l'ouverture à peu près carrée. Les extrémités de l'ouverture devraient être à environ ⅝″ des cercles du centre du baril.

"Pour former une couverture pour l'ouverture du baril, coupez deux bandes de tôle d'environ 1¼″ de large et de 1″ plus long que l'ouverture. Pliez les bandes à angles droits en longueur, et fixez-les avec de bonnes vis à l'extérieur du baril, le long de l'ouverture. Coupez une autre bande de 1¼″ de large d'une longueur égale à la distance entre les cercles adjacents de baril et pliez-la comme ci-dessus. Fixez au baril au moyen de bonnes vis au sommet de l'ouverture, en plaçant cette bande sous les extrémités des deux bandes de côté.

"Coupez un couvert en tôle pour s'ajuster entre les bords remontants des bandes de côté et faites le environ 3″ plus long que l'ouverture. Mettez ce couvert par-dessus l'ouverture, et avec un marteau ou un maillet courbez les bandes de côté par-dessus le couvert. Pliez ensuite la bande de l'extrémité par-dessus l'extrémité des bandes de côté et par-dessus le couvert. Ces bandes de côté et des extrémités forment maintenant un guide pour la porte, dont l'extrémité inférieure peut être courbée pour former une poignée, pour ouvrir ou pour fermer.

"Coupez dans le reste des planches de 1″ x 4″ quatre palettes à mélanger, chacune de 2′ 3″ de long. Façonnez-les grossièrement à la courbe du baril. Fixez les fers d'angle aux planches à mélange, avec de bonnes vis, de façon à ce que la vis inférieure s'ajuste au fond du baril et les fers supérieurs aux douves du baril. Espacez-les à intervalles égaux autour de l'intérieur du baril."

La manivelle (fig. 6) est en trois sections, une section centrale, à l'intérieur du baril, et deux sections aux extrémités, à l'une desquelles on attache la poignée. Ayez soin de voir que la longueur du tuyau de la section centrale soit juste à la distance à l'intérieur entre les fonds inférieur et supérieur du baril. Marquez sur l'extérieur des fonds du dessus et du bas les endroits où les boulons qui retiennent les rebords des portes doivent passer. L'un des rebords des portes peut être employé comme patron. Percez maintenant les trous. Posez maintenant le baril sur deux soutiens de façon à ce que le fond du bas soit à environ un pied au-dessus du plancher pour permettre l'ajustage de l'arbre de couche. Mettez la section centrale de l'arbre de couche en place, de façon que les trous dans les rebords et dans le fond inférieur coïncident. Insérez les boulons. Mettez la section courte de l'extrémité de l'arbre de couche en place, et boulonnez les deux rebords solidement ensemble. Replacez maintenant le fond. Boulonnez de la même façon les rebords au fond supérieur. On peut maintenant replacer le baril dans la charpente. Les écrous ou les fortes rondelles et les clefs devraient être mis en place avant qu'on commence à traiter, pour éviter que l'arbre de couche ne se déplace de côté dans ses soutiens.

"La trémie supérieure à grain peut maintenant être faite avec du shiplap de 1″ x 8″ et de 1″ x 10″. Cette trémie mesure 10″ carrés au sommet, 6″ carrés au fond et 9″ de profondeur. Les côtés s'inclinent vers le centre à un angle d'environ 45°. Les dimensions données sont des dimensions extérieures approximatives. Les planches qui entrent dans la construction de cette trémie doivent être sciées et ajustées soigneusement. Servez-vous de clous de 2½″.

"On place cette trémie de façon à ce qu'elle soit directement au-dessus de la porte extérieure du baril lorsqu'on enlève la porte pour remplir. Notez que les extrémités des morceaux du côté supérieur de la trémie sont laissées en carré afin qu'elles puissent soutenir la trémie dans les tringles de 1″ x 2″ qui sont clouées aux côtés de la charpente principale, comme il est indiqué dans le plan.

"Les outils nécessaires pour la construction de cette machine pour traiter la carie sont les suivants: marteau à dent, égohine, scie à contourner, équerre, clef anglaise, ciseaux d'étameur, vilebrequin."

(*e*) *Machine à traiter en forme de boîte.*—On peut faire un mélangeur bon marché, très utile, au moyen d'une caisse d'une construction solide, à l'épreuve de la poussière. Si l'on n'a pas déjà de caisse, choisissez-en une dont les dimensions sont de 2′ x 2′ x 2′. (fig. 7). On facilite le mélange en montant la boîte diagonalement. Pour une caisse de ces dimensions, les matériaux suivants sont nécessaires pour l'essieu et l'arbre de couche: 1 morceau de tuyau 1¼″ 6′ de long, taraudé à un bout; 1 morceau de tuyau de 1″, 10″ de long, taraudé aux deux bouts, et 1 morceau de tuyau de 1″, 8″ de long, taraudé à un bout; un coude de réduction de 90° 1½″ par 1″ et un coude 90°, 1″. Au lieu de faire la manivelle avec des tuyaux on peut river à l'essieu une manivelle d'occasion.

L'axe s'appuie sur une paire de chevalets solides. Ces chevalets doivent être à 32″ du plancher, une bonne hauteur pour tourner la machine. On peut faire des coussinets pour l'arbre de couche avec un bloc en bois dur de 2″ x 4″ x 8″. On perce un trou de 1½″ de diamètre au centre de la face de 4″. On scie ce bloc en longueur, en moitiés, pour que chaque morceau ait 2″ x 2″ x 8″ et une surface demi-ronde à travers la face pour l'axe. Boulonner ces blocs aux chevalets. On place deux rondelles en fer de 2″ sur l'axe, à l'extrémité de l'arbre de couche, pour l'empêcher de glisser sur les coussinets. Les rondelles s'ajustent contre les deux côtés du bloc-support et sont retenues en place par des clavettes passant à travers les trous percés dans l'axe.

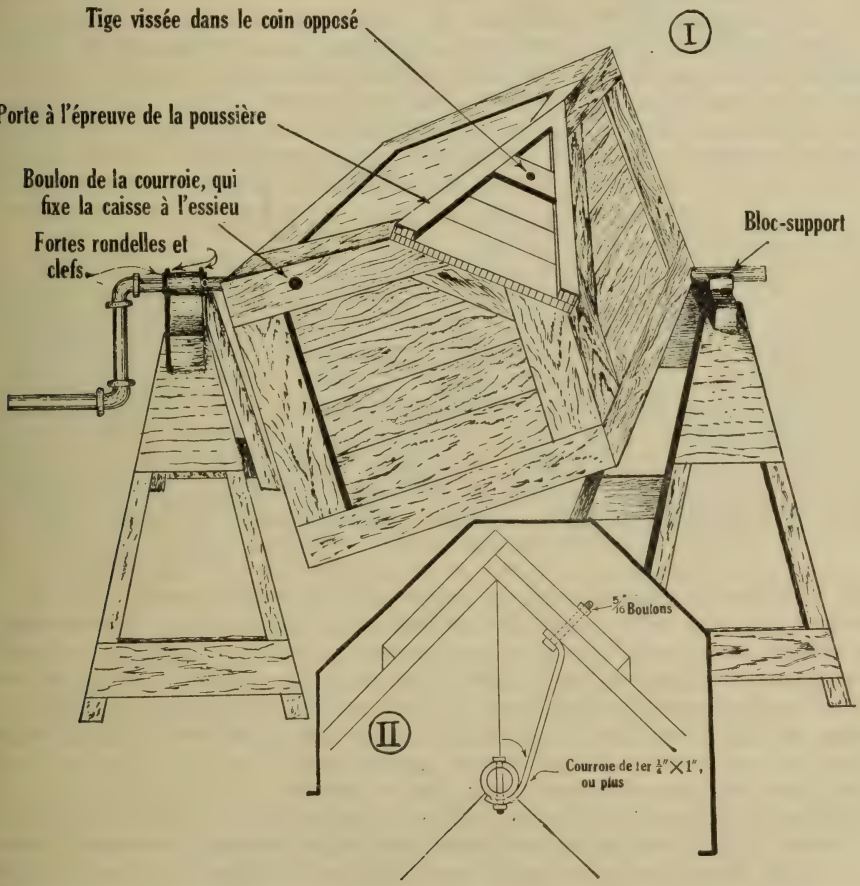


Fig. 7.—Caisse pour le traitement de la carie. 1. Croquis de la boîte saupoudreuse. 2. Section transversale de l'axe, montrant comment la boîte est boulonnée à l'axe. Il est à noter que la courroie est ajustée à l'axe, de sorte que lorsque l'on fait tourner l'axe, la courroie fait tourner la caisse. La direction de la rotation est marquée par une flèche.

On fait une ouverture dans la caisse enlevant environ 9″ de l'un des coins libres. On fait une porte à l'épreuve de la poussière pour couvrir l'ouverture. La porte est tenue en

---

* Le professeur G. L. Shanks, chef du service du génie agricole, au collège d'agriculture à Winnipeg, Man., a fait sur la construction des différentes machines à saupoudrer décrites ici bien des critiques et des suggestions utiles, pour lesquelles nous le prions d'accepter nos remerciements.

place par une tige vissée dans le coin opposé. Cette tige doit passer à travers la porte à environ 3″ du centre. Pour remplir ou vider la caisse, on dégage la tige et l'on tourne la porte. Lorsque la porte est remise en place et que la tige est vissée la poussière ne peut y pénétrer.

On fixe solidement la caisse à l'essieu de la façon indiquée dans le croquis détaillé (fig. 7). On courbe deux morceaux de fer de ¼″ x 1″ à la forme requise et l'on perce les trous nécessaires dans les courroies, le tuyau et la boîte. On ligote les courroies autour du tuyau et on les fixe en position avec des boulons de 5/16″. (Voir croquis). Pour faciliter l'assemblage, les trous dans le tuyau doivent être à environ 6″ de l'endroit où le tuyau passe à travers la boîte. Une caisse de ce genre peut contenir un boisseau. Un seul traitement exige 30 révolutions à la minute pour 1½ minute.

Quantité et sorte de carbonate de cuivre à employer.—Pour le blé carié ordinaire, il faut 2 onces de carbonate de cuivre pour traiter 1 boisseau. Si l'on emploie plus que cette quantité, la poudre s'accumule dans le semoir, cause une usure excessive de l'engrenage, ou se durcit même comme du ciment et fait casser l'arbre de couche. On mesure facilement la poussière avec une cuiller à soupe; une cuiller à soupe comble pèse environ 1 once.

Pour le saupoudrage, le carbonate de cuivre devrait avoir une couleur vert clair, non pas bleue. Il devrait être assez fin pour passer à travers un tamis de 200 mailles et ne pas contenir du tout de gros morceaux. C'est-à-dire que la poussière doit être aussi fine que du ciment Portland. Parmi les nombreuses marques de carbonate de cuivre que l'on trouve dans le commerce, il y en a qui contiennent 50 pour cent ou plus de cuivre, tandis que d'autres n'en contiennent qu'environ 20 pour cent. Dans des essais conduits par le Service de la botanique dans l'Ouest du Canada, les marques des deux catégories employées contre la carie du blé ont donné de bons résultats.

Le carbonate de cuivre est acheté de préférence dans les emballages des fabricants. La poussière est généralement mise en paquets contenant 5, 10, 25 ou 100 livres. Le Service de la botanique a fait l'essai d'un certain nombre de marques mais il n'a pas pu éprouver toutes celles qui se trouvent dans le commerce parce qu'il y en a trop. Comme quelques-unes de ces marques peuvent être de qualité inférieure, le cultivateur devrait se renseigner aussi complètement que possible sur les marques qu'il se propose d'employer. Le Service de la botanique se fera un plaisir de donner tous les renseignements qu'il pourra sous ce rapport.

Il y a eu quelque malentendu au sujet de la différence entre le carbonate de cuivre et le sulfate de cuivre (couperose bleue comme on l'appelle généralement). Le carbonate de cuivre est une poudre verdâtre amorphe, insoluble dans l'eau, tandis que le sulfate de cuivre se vend généralement sous forme de gros cristaux bleus qui se dissolvent dans l'eau pour former une solution bleu clair.

Où le carbonate de cuivre peut être acheté.—Le carbonate de cuivre pour le saupoudrage se trouve aujourd'hui dans un grand nombre de maisons de gros de produits pharmaceutiques et de quincailleries ainsi que chez beaucoup de marchands d'insecticides et de fongicides. Un cultivateur devrait pouvoir acheter du carbonate de cuivre chez son pharmacien ou le quincailler local. Le marchand local peut ne pas en avoir une provision, mais il pourra s'en procurer par l'intermédiaire d'une des maisons de gros où il fait ses achats.

Comme le traitement au carbonate de cuivre n'est efficace que si chaque grain est recouvert d'une mince couche de poussière, il est très nécessaire que le grain et le carbonate de cuivre soient parfaitement mélangés ensemble. Avec l'appareil ordinaire, de fabrication domestique, le mélangeur devrait tourner à raison de trente révolutions à la minute et il ne faut pas moins de 1½ minute pour traiter une charge. Les machines ne devraient être remplies qu'à la capacité indiquée.

Avoir soin de détruire tout grain traité laissé après les semailles. Il ne faut pas donner ce grain au bétail ni aux volailles, à cause de la nature vénéneuse du carbonate de cuivre.

Précautions.—La poussière de carbonate de cuivre est un poison, une quantité raisonnable n'affecte pas les yeux mais elle cause des nausées lorsqu'elle est respirée. L'ouvrier doit donc porter un masque à poussière ou un mouchoir

mouillé sur le nez et la bouche. Les masques à poussière ou les respirateurs, comme ceux que l'on emploie dans certaines industries, sont bons pour cela. L'air est débarrassé de la poussière en passant par une petite éponge que l'on tient humide, ou à travers un papier-filtre. Ces masques, d'une construction légère, ne sont pas désagréables à porter.

TRAITEMENTS À LA FORMALINE

La formaline est un liquide incolore, mais à odeur très pénétrante. Elle est vendue par le fabricant ou la maison de gros au quincailler local ou aux pharmacies dans de petits contenants de différentes dimensions, suivant les besoins des cultivateurs, ou en gros contenants.

La formaline a été employée plus que tout autre fongicide pour prévenir la carie du blé, et elle mérite bien la réputation dont elle jouit. Lorsqu'elle a été introduite pour la première fois dans l'Ouest du Canada un peu avant 1900, la carie du blé était très répandue et elle causait d'immenses pertes en certaines années. Cette maladie a aujourd'hui presque disparu dans quelques-uns des meilleurs districts, grâce au traitement répété de la semence par la formaline et aussi, dans une certaine mesure, par la couperose bleue. Cependant, la formaline nuit presque toujours à la faculté germinative de la semence, et il est probable que l'on finira par trouver pour la remplacer d'autres substances qui abîment moins la semence, tout en étant d'application aussi facile.

Force de la solution de formaline employée.—Dans tous les traitements contre la carie du blé, le titre, ou "force", de la solution de formaline est toujours le même, et partout où ces traitements sont recommandés pour combattre les autres maladies charbonneuses, on ne fait aucun changement dans le titre, à moins d'indications contraires. On prépare la solution en ajoutant une livre de formaline à 40 gallons d'eau et en agitant jusqu'à ce que la formaline et l'eau soient bien mélangées ensemble. Comme cette quantité de liquide peut être plus forte qu'il n'est nécessaire pour l'usage d'une journée, on peut préparer la quantité que l'on désire dans les proportions précédentes en mettant 1 once de formaline pour chaque $2\frac{1}{2}$ gallons d'eau. Pour mesurer exactement la formaline, on fera bien de se servir d'un verre gradué de quatre ou huit onces, comme ceux que l'on offre en vente pour fins photographiques à la plupart des pharmacies; ces verres sont très commodes et peu coûteux.

Modes d'application—(*a*) *Aspersion* (arrosage).—Si la formaline doit être employée contre la carie du blé, l'aspersion est le traitement que l'on recommande dans les circonstances ordinaires à cause de sa facilité d'application. Cependant, lorsque les sacs de carie sont très nombreux, le blé devrait être trempé en vrac.

Le blé à traiter est placé en un tas, sur un plancher propre, et arrosé avec une solution de formaline au moyen d'un arrosoir ordinaire ou d'un balai. On retourne ensuite le grain à la pelle et on le mélange aussi parfaitement que possible pour bien répartir l'humidité. On l'arrose encore une fois et on le retourne encore à la pelle. On répète cette opération jusqu'à ce que le grain soit uniformément humecté. Quarante gallons de cette solution traitent de 40 à 50 boisseaux de grain, soit environ un gallon pour chaque boisseau. On apprendra avec un peu de pratique la quantité de solution que l'on peut appliquer le plus avantageusement en une fois pour que le nombre de pelletages ne soit pas excessif.

Lorsqu'on a répandu sur le grain la bonne quantité de solution de formaline, toute cette solution est absorbée par le grain pendant que celui-ci est recouvert. Le grain se gonfle mais il n'en passe pas moins facilement par les tuyaux du semoir. On recouvre ensuite le grain traité pendant quatre heures avec des sacs propres ou de la toile, pour que le gaz qui se dégage de la solution puisse bien pénétrer dans toute la masse.

Il faut éviter l'excès de liquide, sinon la base du tas devient trop humide et le grain ne sèche pas suffisamment pour qu'il puisse être semé, à moins qu'il ne soit étalé en une couche mince, pour que le liquide ait une chance de s'évaporer. Le traitement peut être donné dans le coffre de la voiture. On entasse le grain à un bout et on l'arrose, puis on le ramène à la pelle à l'autre bout. On répète l'arrosage et le pelletage aussi souvent que cela est nécessaire; après quoi on recouvre le grain pendant quatre heures, comme nous venons de dire.

(*b*) *Immersion en vrac.*—C'est là le meilleur mode de traitement lorsque le blé contient des quantités excessives de carie; il consiste à plonger le grain en tas (non en poches) dans la solution de formaline. Cependant, comme il exige un travail pénible, on ne doit l'appliquer que lorsque la semence, après nettoyage, renferme encore un grand nombre de sacs de carie.

On peut se servir pour appliquer ce traitement de deux demi-tinettes, munies de poignées en corde (fig.8). On perce un trou dans chaque tinette et près du fond, on y pose un bouchon. On recouvre ces trous avec du grillage ordinaire pour retenir le grain lorsqu'on fait écouler le liquide. On pose une tinette au-dessus du plancher sur une paire de chevalets ou sur un autre soutien solide.

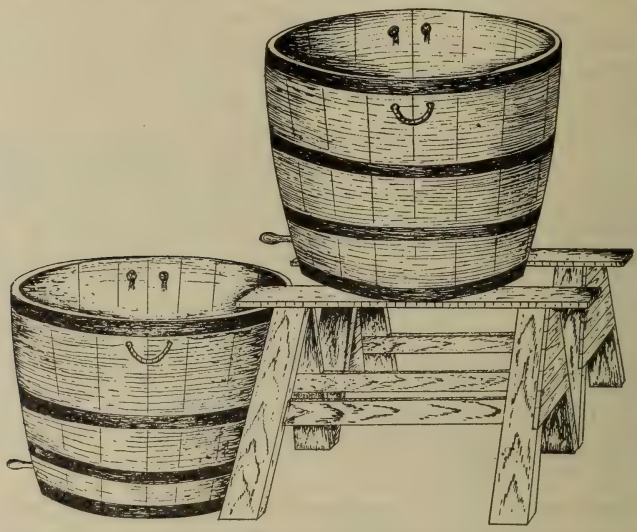


Fig. 8.—Appareil nécessaire pour le traitement à la formaline, lorsque le grain est plongé en vrac.

Lorsque le grain est prêt à être traité, on remplit la tinette supérieure à moitié pleine avec la solution régulière de formaline (1 once de formaline pour $2\frac{1}{2}$ gallons d'eau) on ajoute un boisseau de grain puis on brasse énergiquement. Les sacs de carie, les grains légers et la bale montent à la surface et sont enlevés à l'écumoir. Après que la semence a trempé environ cinq minutes dans la solution, on fait couler celle-ci dans le baquet inférieur. On vide ensuite le grain en un tas, sur un plancher propre ou sur une toile. On change alors les tinettes de place et on répète l'opération. Il faut recouvrir le grain traité pendant quatre heures pour donner à la formaline le temps d'agir, puis on l'étale pour le faire sécher. Autant que possible le grain devrait être semé vingt-quatre heures après qu'il a été traité: le grain traité, longtemps conservé, est exposé à perdre une bonne partie de sa faculté germinative. Le blé se gonfle beaucoup en absorbant de l'eau et il faut tenir compte de ce fait en réglant le semoir pour les semailles. Toute une série de traitements peut être faite avec la même solution, mais comme chaque boisseau de grain absorbe environ un gallon de liquide il faut ajouter de la solution fraîche pour en maintenir le volume. Après que le traitement d'une journée est fini, il faut rejeter toute la solution de formaline qui a été faite, aussi

bien celle qui a été employée que celle qui est fraîche, car la solution de formaline perd sa force et on ne peut compter sur celle qui est faite depuis vingt-quatre heures.

(*c*) *Immersion par le trempage.*—Au lieu de plonger la semence en vrac, on peut la mettre en sacs puis la plonger dans la solution. Naturellement les sacs de carie ne sont pas enlevés par ce traitement, qui n'a pas plus d'efficacité que l'arrosage. Mais lorsque l'on traite une petite semence fine, comme la graine d'herbe, on peut répéter le trempage rapidement jusqu'à ce que toute la graine soit bien mouillée. Lorsqu'on traite par l'arrosage les petites graines adhèrent à la pelle mouillée, et il faut parfois longtemps pour appliquer le traitement. Ce trempage de la semence convient également lorsqu'on désire n'en traiter qu'une très petite quantité.

On remplit des sacs d'un tissu lâche, en ne mettant pas plus d'un boisseau de semence par sacs, et on ne les attache pas trop serrés. Si l'on désire traiter des quantités plus fortes de semence, une poulie est nécessaire pour abaisser et lever les sacs. On remplit deux barils vides d'huile à moitié pleins avec la solution de formaline. Le sac à traiter est plongé dans la solution, puis on le lève et on l'abaisse à plusieurs reprises afin de chasser tout l'air qui est tenu entre les grains et pour que tout le grain puisse s'humecter. Lorsque l'on plonge le sac, la quantité de solution devrait être suffisante pour le recouvrir de trois ou quatre pouces. Après que la semence a été trempée cinq minutes dans la formaline, on soulève les sacs et on les laisse sécher. Lorsque l'excès de liquide s'est égoutté, on verse la semence en un tas sur un plancher très propre et on la recouvre pendant quatre heures. On étale alors le grain pour le faire sécher. Si les sacs sont bien égouttés après le traitement, le grain est aussi sec au bout de quatre ou cinq heures qu'il le serait s'il avait été arrosé.

On a imaginé des machines spéciales pour faciliter le traitement du grain contre le charbon. La plupart de ces machines n'ont pas de mérite particulier, sinon qu'elles permettent de mouiller plus complètement le grain lorsqu'elles sont bien conduites. Nous avons vu cependant une machine qui mérite une mention spéciale, parce qu'elle fait flotter les sacs de carie qui sortent du grain, puis les enlève. Lorsqu'il y a des sacs de carie, il serait beaucoup plus facile de traiter le grain au moyen d'une machine de ce genre que de le plonger en vrac, à bras.

Traitement à l'aldéhyde formique (formaldéhyde).—Comme la formaline est une solution de gaz aldéhyde formique dans l'eau, il est évident que dans les traitements à la formaline, c'est le gaz présent dans l'eau qui détruit les germes de la carie. Ceci a donné l'idée que le gaz aldéhyde formique pourrait être employé directement pour détruire les spores du charbon, afin d'éviter les inconvénients d'un traitement humide. Pour éviter la difficulté de transporter et de manutentionner ce gaz, on s'est servi d'aldéhyde paraformique comme source d'aldéhyde formique. L'aldéhyde paraformique est une poudre blanche, un composé chimique distinct, formé par l'union de deux molécules d'aldéhyde formique. Il se forme parfois dans les solutions de formaline laissées exposées à l'air. L'état laiteux de la solution est dû à la formation de l'aldéhyde paraformique.

Cependant, les propriétés de l'aldéhyde paraformique empêchent de l'employer comme fongicide. Quoique l'aldéhyde paraformique se dégage assez facilement de l'aldéhyde formique, on ne peut obtenir que très peu de ce dernier lorsqu'on chauffe l'aldéhyde paraformique. Lorsqu'il se refroidit, il se redépose sous la forme originale. On voit donc que l'aldéhyde paraformique est une pauvre source de gaz. D'ailleurs, lorsqu'on traite de la semence avec la formaline et qu'on la fait parfaitement sécher, il ne s'évapore qu'une partie de l'aldéhyde formique; le reste se change en aldéhyde paraformique, qui se dépose sur l'enveloppe de la semence. Nous savons maintenant que c'est cette substance qui affecte la faculté germinative; ce fait a été clairement démontré.

---

[36] Hurd, Annie May. Jour. Agr. Research, 20; No. 209-224, 1920.

Nous n'avons donc pas été surpris d'apprendre que l'appareil à gaz pour le traitement du grain, qui a été mis dans le commerce en ces dernières années, a échoué dans des essais bien conduits. On a trouvé que lorsque le gaz engendré par le chauffage de l'aldéhyde paraformique passait dans le grain à travers un tuyau perforé, la majeure partie de l'aldéhyde se déposait sur le tuyau ou sur le grain, près des perforations du tuyau. La faculté germinative du grain blanchi était complètement détruite. Le grain qui était un peu plus loin n'était pas abîmé, mais la carie qu'il contenait n'était pas non plus affectée par le traitement. Nous recommandons fortement aux cultivateurs de s'en tenir aux modes de traitement dont l'efficacité et la sûreté ont été démontrées par l'expérience, s'ils désirent avoir des résultats sûrs et satisfaisants.

Précautions.—La formaline est une solution du gaz aldéhyde formique dans de l'eau; elle ne devrait pas contenir moins de 40 pour cent d'aldéhyde formique par volume. Quoique la formaline soit plus coûteuse dans de petits contenants, on recommande de l'acheter sous cette forme plutôt qu'en grosse quantité parce que l'on peut compter sur la qualité et sur la force. La formaline doit être toujours conservée dans une bouteille bien bouchée. Si la solution devient trouble, par suite de la formation d'aldéhyde paraformique, il faut la réchauffer lentement jusqu'à ce qu'elle se clarifie.

En faisant la solution de formaline, il faut avoir bien soin d'avoir la bonne force. Pour la carie du blé, on ajoute une livre de formaline par quarante gallons d'eau. Pour les quantités plus petites, on ajoute une once de formaline par 2½ gallons d'eau. Les solutions plus fortes abîment beaucoup la faculté germinative du blé, tandis que les solutions plus faibles n'ont aucun effet sur le carie. La solution de formaline devrait être faite à mesure que l'on en a besoin. Toute solution qui n'est pas employée le jour même où elle est faite doit être jetée, car sa force augmente indéfiniment par l'évaporation rapide de l'eau et elle peut, par conséquent, faire tort à la faculté germinative de la semence traitée.

Comme la formaline ne détruit que les spores qui se trouvent sur la semence au moment du traitement, il faut prendre toutes les précautions nécessaires pour empêcher la réinfection. On balayera soigneusement le plancher pour enlever toute la poussière et toutes les saletés avant de commencer le traitement. On trempera dans une solution de formaline tous les sacs qui ont contenu du blé carié et on les séchera avant d'y mettre le grain traité. On lavera dans la solution, avant de les employer pour retourner le grain traité, les pelles ou les autres outils.

A cause des difficultés que présente le séchage du grain, on ne devrait laisser qu'aussi peu d'eau que possible sur le grain après le traitement. Dans le traitement par l'aspersion, on ne devra donc appliquer que juste la quantité de liquide suffisante pour humecter parfaitement le grain. Avec le traitement par immersion, il faut laisser le temps nécessaire pour que le surplus d'eau puisse s'égoutter.

Il ne faut pas exposer le grain humide à une température inférieure au point de congélation (32° F.), car sa germination serait gravement affectée.

Le grain doit être semé autant que possible le lendemain même du jour où il a été traité, car sa faculté germinative pourrait grandement en souffrir s'il était conservé pendant une plus longue période après le traitement.

Le blé se gonfle beaucoup à cause de l'absorption de l'eau; on réglera donc le semoir en conséquence.

LE CHARBON NU DU BLÉ

(Fig. 3d.)

Apparence dans le champ.—Le cultivateur qui sait observer n'ignore pas que le blé est attaqué par une autre "maladie charbonneuse" très différente de la carie. Ce charbon se voit dans le champ, à l'époque où l'épi se forme. Les épis infectés sont recouverts d'une poudre noire, semblable à de la suie, qui se détache facile-

ment lorsqu'on touche l'épi. A l'époque de la moisson, il ne reste que l'axe central de l'épi; il ne se produit pas de grain. Ce charbon est le "charbon nu" du blé qui se distingue facilement de la carie par la poudre de spores noire, distincte, non contenue, et sans aucune couverture.

Apparenté au charbon nu de l'orge, mais biologiquement distinct.—Le charbon nu du blé ressemble beaucoup au charbon nu de l'orge, et les deux champignons qui causent ces maladies paraissent être à peu près identiques, vus au microscope; ils sont néanmoins très différents l'un de l'autre. Des essais d'inoculation croisée ont démontré que les spores du charbon nu du blé n'infectent pas l'orge, tandis que les spores du charbon nu de l'orge n'infectent pas le blé. Ces deux champignons sont si hautement spécialisés qu'ils sont incapables d'infecter d'autres plantes que leur plante hospitalière spéciale. Les spores du charbon nu du blé n'infectent que le blé tandis que les spores du charbon nu de l'orge n'infectent que l'orge.

On considère donc que le charbon nu du blé est causé par un champignon distinct, appelé *Ustilago Tritici* (Pers.) Rostr.

CYCLE ÉVOLUTIF DU CHARBON NU DU BLÉ

Nous avons vu que les épis charbonnés sont produits au moment de l'épiage et que la poudre noire de suie, qui est composée entièrement de spores, disparaît promptement, si bien qu'il ne reste que l'axe central de la tige au moment de la moisson. Comme ces spores sont très légères et qu'elles se détachent facilement de l'épi, elles tombent peu à peu aux ondulations de la plante et sont emportées par le vent. Elles peuvent se déposer sur toutes les parties des plantes voisines, ainsi que sur la terre. Nous parlons longuement, dans les chapitres qui suivent, de l'importance que présente la dissémination des spores à ce moment et des autres développements du cycle évolutif de ce charbon.

Les spores mûrissent avant que le blé soit en fleurs.—On a constaté, au cours d'observations soigneusement faites, que les spores du charbon sont produites avant l'époque où les épis normaux ou sains sont en fleurs, ou juste à cette époque. La première récolte de spores se disperse dès que la période de floraison est passée. Cependant, une deuxième et même une troisième récolte d'épis infectés peuvent se produire sur une plante de blé infectée, et ceux-ci produisent des spores mûres à l'époque même où la plante saine produit sa deuxième ou sa troisième récolte d'épis. En outre, juste après la période de floraison de ces épis secondaires, les spores du charbon qui ont été produites auront disparu.

Importance de l'époque où les spores mûrissent.—Cette dispersion des spores qui se produit à l'époque de la floraison de la plante de blé n'est pas une simple coïncidence; c'est le facteur le plus important dans tout le cycle évolutif du champignon qui produit le charbon nu du blé et de l'orge.

Après bien des années de recherches sur ce problème, les échecs répétés subis par tous les investigateurs qui ont essayé de reproduire le charbon nu du blé en infectant la jeune plante de blé avec des spores, tandis que cette infection se produit si facilement dans la carie, semblaient indiquer que l'on trouverait la solution de ce problème dans une autre voie. On comptait naturellement tout d'abord que les spores du charbon adhéreraient au grain du blé et germeraient avec la semence, et que les spores qui se trouvent dans la terre resteraient en vie pendant l'hiver et infecteraient la nouvelle récolte au printemps. Cette opinion se basait naturellement sur le cycle évolutif de la carie, dont les spores poussent si facilement dans une culture artificielle, même des années après la récolte. Mais les spores du champignon du charbon nu ont toujours refusé de germer, et même, comme on le verra plus loin, elles n'ont conservé leur vitalité que pendant quelques mois.

FIG. 9.—Fleur du blé et infection de la fleur par le charbon nu. 1. Un épi de blé en fleur (grosseur naturelle); (*a*) anthères. 2. Épillet simple d'un épi de blé; (*a*) anthères. 3. Organes femelles de la fleur (*b*) le style plumeux; (*e*) ovaire; (*f*) ovule. 4. Partie du style (*b*) couverte de grains de pollen (*c*). 5. Grains de pollen (*c*), montrant les tubes de germination (*d*). 6. Section du grain de blé montrant la jeune plante (*h*). 7. La jeune plante séparée du grain de blé, encore plus grossie; (*g*) le "scutellum" ou disque à travers lequel la jeune plante tire sa nourriture du reste du grain; (*h*) le point de croissance; (*i*) la racine primaire; (*j*) la gaine; (*k*) racine secondaire; (*l*) raies noires indiquant la position du mycélium du champignon du charbon nu dans les tissus du grain. 8. Partie du style (*b*) montrant une spore du charbon nu; (*n*) introduisant le tube de germination; (*o*) dans les tissus du style. 9. Préparation microscopique montrant les masses de mycélium dormant (*l*) du champignon dans les tissus du grain (*m*). (1-6 extraites de "The life of the wheat plant"; 7 d'après Hecke; 8 et 9 d'après Lang.)

L'infection se produit par la fleur.—C'est alors que les recherches indépendantes de Brefeld[37] et Hecke[38], faites en 1903-1904, ont démontré d'une façon concluante que la maladie du charbon nu est propagée par l'infection de la fleur; ces recherches confirmaient ainsi les résultats des premières expériences conduites par Maddox[39] en Tasmanie en 1895 et plus tard, à savoir, "que l'application des germes de charbon sur l'ovaire, vers l'époque où le pollen est mûr, reproduit toujours la maladie l'année suivante." C'est ainsi que l'on explique les rapports mystérieux qui existent entre la production de spores mûres du charbon juste à l'époque où le blé est en fleurs. Ce n'était là, jusqu'à ces derniers temps, que le seul mode démontré d'infection, mais Tisdale et Tapke[40] ont réussi à infecter de l'orge avec le charbon nu en saupoudrant des spores de ce charbon sur de la semence dépouillée de sa bale.

La fleur de la plante de blé.—Pour bien comprendre la discussion qui suit du cycle évolutif de ce charbon, étudions sommairement la fleur du blé (voir fig. 9; 1-5). Au Canada, vers la fin de juin ou en juillet, un jeune épi de blé présente un grand nombre d'appendices jaunâtres, ténus, sortant de la partie supérieure des écailles qui, plus tard, entourent le grain mûr, (fig. 9; 1). Ce sont les étamines de la fleur du blé avec leurs grandes anthères qui contiennent le pollen ou les organes reproducteurs mâles (fig. 9; 5c, d). Lorsqu'on enlève soigneusement les écailles de la fleur, les parties de la fleur qui restent, composées de deux minces écailles ciliées, et le pistil avec ses deux styles plumeux sont exposés (fig. 9; 3 b, e, f). Lorsque le pollen dans les anthères ou les sacs de pollen est mûr, ces sacs s'ouvrent, les grains de pollen (fig. 9; 5) en sortent et ils sont saisis par les styles plumeux où ils sont retenus (fig. 9; 4). Ici ils commencent bientôt à germer et les tubes de pollen descendent à travers le style et atteignent à la longue l'ovaire et fertilisent l'ovule.

Germination des spores du charbon nu.—Les spores du charbon nu du blé sont beaucoup plus petites que celles de la carie du blé (fig. 1; b). En germant dans un milieu convenable les spores développent des tubes simples ou légèrement branchus, mais ne produisent pas de conidies (fig. 4; c, 1-3). On voit donc que ce mode de germination est entièrement différent de celui des spores des charbons vêtus dans lesquels les conidies sont produites en abondance.

Comment la fleur est infectée.—Les épis attaqués par le charbon nu se distinguent à l'époque où le blé est en fleurs. Les spores se dispersent bientôt après, dès que l'épi sort de la gaine. La plupart des nombreuses spores produites tombent sur le sol ou adhèrent aux feuilles et aux tiges du blé et d'autres plantes. Quelques-unes cependant peuvent se loger sur les stigmates des fleurs du blé. Dans ce cas, les spores germent, poussent leurs tubes à travers le style (fig. 9; 8) et finissent par atteindre l'ovule. La méthode employée par les spores du champignon pour atteindre les ovules de la plante du blé est très semblable à celle qui est employée par les grains de pollen. Une fois à l'intérieur des semences qui se développent, les tubes de germination du champignon se divisent et produisent un mycélium très limité.

Le champignon du charbon vit dans le grain.—Pendant le développement du grain, le mycélium du champignon du charbon qui s'y trouve se développe peu, mais il reste en vie. Il reste dormant tout l'hiver, comme la semence elle-même. Il redevient actif lorsque la semence infectée germe au printemps. Chaque grain infecté donne naissance à une plante de blé infectée, dont les épis contiennent une nouvelle récolte de spores, et un nouveau cycle évolutif commence. Hecke a démontré pour la première fois la présence des filaments ou du mycélium du champignon dans les tissus de la jeune plante. Plus tard, en 1910, W. Lang[41]

---

[37] Brefeld, O. Nachr. Klub Landw. Berlin. 466:4224-4232. 1903.
[38] Hecke, L. Ber. Deut. Bot. Gesell. 23:248-250. 1905.
[39] Maddox, F. Agr. Gaz. Tasmania 4:92-95. 1896.
[40] Tisdale, W. H. et V. F. Tapke. Jour. Agr. Research 29:273-284. 1924.
[41] Lang, W. Centralbl. Bakt. Part 2, 25:86-100. 1909.

a obtenu des preuves concluantes de la présence du germe dans le grain (fig. 9; 9).

Le charbon nu ne peut être maîtrisé par la formaline.—On voit par l'exposé qui précède du cycle évolutif que ce charbon ne peut être maîtrisé de la même façon que la carie. Comme le germe de la maladie se cache dans l'embryon du grain, il est tout à fait inutile de désinfecter la surface de la semence. Il faut employer un traitement qui détruise le champignon mais qui nuise aussi peu que possible à la faculté germinative de la semence.

TRAITEMENT PAR L'EAU CHAUDE

Le traitement par l'eau chaude a été découvert par Jensen,[42] du Danemark, en 1887. Jensen avait constaté que l'eau chauffée à une certaine température détruit la faculté germinative des spores de charbon sans nuire sensiblement à la faculté germinative du grain auquel les spores adhèrent. Ce procédé a donc été employé d'abord pour combattre la carie du blé, le charbon de l'avoine et d'autres charbons qui infectent les plantules. Plus tard, on l'a amélioré afin de pouvoir l'employer pour détruire le mycélium dormant du charbon nu dans la semence même, sans beaucoup abîmer la semence elle-même. On n'a pas encore trouvé de traitement plus satisfaisant.

Principes essentiels du traitement par l'eau chaude.—Le traitement par l'eau chaude consiste en deux parties. On immerge d'abord la graine dans de l'eau chaude (86° F.) pendant quatre heures, puis on plonge le grain gonflé pendant dix minutes dans de l'eau tenue pendant ce temps à une température qui ne descend pas au-dessous de 122° F., mais qui ne dépasse pas 126° F.

Effet du traitement par l'eau chaude sur la germination.—Le traitement par l'eau chaude supprime le charbon nu; par contre, il abaisse beaucoup la faculté germinative de la semence. Cette faculté germinative, dans le bon grain de semence sain, est abaissée de six à dix pour cent, et la proportion est beaucoup plus forte dans le grain ordinaire, battu à la machine, ou dans la semence de faible vitalité. Dans ses recherches récentes, très complètes, Tapke[43] a trouvé que lorsque l'enveloppe de la semence est rompue, surtout par-dessus l'embryon, l'eau chaude nuit beaucoup à la faculté germinative. La semence dont l'enveloppe n'est pas rompue germe plus lentement, mais sa faculté germinative n'est que peu affectée. Or l'enveloppe des semences battues à la machine est très souvent abîmée, plus ou moins suivant les conditions de température qui règnent pendant la maturation, la coupe et le battage de la récolte. L'amoindrissement de la faculté germinative est considérable, car dans 58 échantillons de grain battu à la machine le traitement par l'eau chaude l'a abaissée de 33.3 pour cent. Le cultivateur ne devrait jamais traiter à l'eau chaude du grain de pauvre qualité ou de la semence très cassée et fendue. S'il le fait, qu'il mette plus de semence pour faire compensation pour la perte de faculté germinative.

Production de semence au moyen de semence pure.—Pour résoudre ce problème du charbon, il faudrait cultiver soi-même son grain de semence, en commençant avec du grain de semence propre ou qui a été traité avec de l'eau chaude. Lorsque deux variétés de blé sont aussi satisfaisantes l'une que l'autre pour la culture, on fera bien de choisir celle qui est le moins sensible au charbon nu. On ne connaît pas la sensibilité relative de beaucoup de variétés, mais on a trouvé qu'un grand nombre des variétés les plus communes ne sont que légèrement affectées par le charbon. L'exception notable est le blé Kota. On a trouvé en 1926 un champ de ce blé où 23 pour cent des épis avaient été détruits par le charbon nu, et on a souvent observé que dix pour cent des épis étaient détruits. Depuis

[42] Jensen, J. L. Jour. Roy. Agr. Soc. England (II) 24:397-415. 1888.
[43] Tapke, V. F. J. Agr. Research 28:79-97. 1924.

que le blé Kota a été introduit dans l'Ouest du Canada, le charbon nu a été observé de plus en plus sur cette variété.

Moyens d'obtenir de la semence de grain sans charbon.—Un cultivateur peut commencer la première année en se procurant, disons, trois quarts de boisseau du meilleur blé de la variété qui a donné le plus de satisfaction dans son voisinage. Il lui sera facile de soumettre cette petite quantité au traitement par l'eau chaude de la façon que nous venons de décrire, et elle suffira pour ensemencer un demi-acre. Il est nécessaire que cette parcelle d'un demi-acre soit aussi éloignée que possible de tout autre champ de blé, afin d'empêcher qu'elle ne soit contaminée par des spores de charbon venant d'un champ infecté et apportées par le vent.

En dépit de ces précautions, quelques spores de charbon atteindront presque invariablement les plantes en fleurs et les infecteront si les conditions sont favorables. Cependant, il est peu probable que l'infection soit sérieuse si le champ où se trouve la parcelle de semence est protégé contre le vent par une plantation d'arbres ou d'arbustes.

Si le traitement réussit—et son succès dépendra du soin que l'on apportera à son exécution—il ne devrait pas y avoir la moindre trace de charbon dans cette parcelle d'un demi-acre. On fera donc bien d'examiner soigneusement la parcelle avant l'époque de la floraison et d'enlever immédiatement toutes les plantes, racines, etc., de blé qui présentent le moindre soupçon de charbon. On peut enlever ces plantes infectées avant que les spores soient mûres, et c'est là le bon moment pour les enlever, sinon le ramassage des épis portant des spores mûres répandrait partout ces spores et on infecterait sûrement le grain en fleurs si l'on passait à travers la parcelle avec une poignée d'épis charbonnés. Ce sont là des choses dont on fera bien de se souvenir. L'infection se produit dès que les spores sont mûres, mais si les plantes sont enlevées sans soin, la proportion d'infection est encore plus forte. Il est bon de se munir de sacs de papier et de recouvrir de ces sacs, après les avoir groupés soigneusement ensemble, les épis des plantes infectées; on coupe alors tous ces épis, puis on arrache toute la plante.

La récolte de cette parcelle de semence ne devrait pas contenir de charbon. Dans des conditions ordinaires elle rendrait de 10 à 15 boisseaux de grain, soit une quantité suffisante pour ensemencer de 6 à 10 acres l'année suivante, et qui fourniront de la semence pour une étendue considérable.

Il est tout aussi facile de traiter 5 boisseaux de blé que $\frac{3}{4}$ de boisseau et lorsque le traitement expérimental a donné de bons résultats, le cultivateur pourrait tout aussi bien commencer avec cinq boisseaux de semence traitée.

La parcelle de semence devrait être maintenue tous les ans. On pourra largement augmenter le revenu de cette parcelle en donnant une attention spéciale à la qualité de l'espèce de blé choisie pour la première parcelle de semence. On a constaté, en outre,[44] que lorsqu'on supprime le charbon par le traitement de la semence pendant une année, ce charbon n'augmente que lentement et quelques années se passent avant qu'il redevienne aussi sérieux qu'il l'était avant l'application du traitement.

Comment le traitement par l'eau chaude opère aux Etats-Unis.—Le charbon nu a longtemps causé de grands ravages dans la récolte de blé tendre d'hiver aux Etats-Unis. Quelques-uns des états qui cultivent ce blé, et notamment l'Indiana et la Virginie, cherchèrent à encourager les cultivateurs à traiter leur semence. On installa en 1918 des établissements communaux pour le traitement de la semence,[43] et ces établissements furent rapidement appréciés. Beaucoup de ces installations se trouvaient aux beurreries, conserveries, moulins ou autres établissements où l'on avait de la vapeur vive. Les cultivateurs y apportaient leur grain et le traitaient en petites quantités dans des sacs. Cette méthode était trop lente lorsque la quantité de blé à traiter était considérable; on imagina alors un tambour spécial et une cuve pour appliquer le traitement de dix minutes. Ce tambour se composait de grosse toile métallique à petites mailles,

[44] Gregory, C. T. Proc. Ind. Acad. Sci. 1922:315-318. 1923.

ou d'une plaque épaisse de tôle perforée et il était assez grand pour contenir 5 boisseaux de grain trempés à la fois. Il était construit de telle façon qu'il pouvait être abaissé et soulevé dans la cuve et tourné lorsqu'il était submergé dans l'eau chaude. En faisant tourner le tambour dans l'eau on assurait un contact avec l'eau chaude. Après le traitement, on étalait le grain pour le faire refroidir puis on le mettait en sacs et on le renvoyait aux cultivateurs. On faisait payer environ 25 cents par boisseau, ce qui couvrait les frais de fonctionnement de l'établissement.

Le grain soumis au traitement par l'eau chaude est débarrassé de toutes les sortes de charbon.—Disons ici que le traitement par l'eau chaude suffit pour toutes les sortes de charbon, car l'eau chaude détruit les spores de toutes les maladies charbonneuses. Nous ne considérons pas qu'il soit nécessaire de traiter avec de l'eau chaude du grain provenant de la parcelle de semence ou même le grain qui a été produit dans les conditions de grande culture, dans les circonstances que nous venons de décrire, à moins, bien entendu, que le charbon nu n'ait pris racine. Alors il faut de nouveau avoir recours au traitement par l'eau chaude. Nous recommandons cependant que le blé soit traité avec du carbonate de cuivre ou de la formaline pour les autres genres de charbon, s'il n'a pas déjà été soumis au traitement par l'eau chaude.

Raisons du succès du traitement par l'eau chaude.—Appel, qui a beaucoup enrichi nos connaissances sur la question de la lutte contre le charbon nu, fait remarquer que les spores du charbon nu germent au bout de quatre heures dans un milieu artificiel, lorsqu'elles sont tenues à une température de 77° F. Il était d'avis que l'on pourrait, au cours de ce temps, stimuler l'activité du mycélium qui repose dans le germe du blé, en plongeant les grains infectés dans l'eau à cette température. C'est-à-dire que l'on pourrait faire sortir le champignon de son état de repos avant que le grain du blé lui-même ne soit influencé de la même façon (avant qu'il commence à germer), ce que l'on peut considérer comme impossible avant quatre heures. Il est donc raisonnable de croire que l'action de l'eau à une température plus élevée détruirait le germe de la maladie, qui est maintenant dans une phase plus vulnérable, sans exercer un effet trop nuisible sur la vie du grain. Nous avons déjà fait remarquer que la faculté germinative du grain est quelque peu amoindrie, mais que l'on peut prévenir le charbon nu par ce moyen et que c'est actuellement le seul moyen que l'on connaisse.

Le traitement proposé par Jensen a été grandement modifié, grâce aux recherches faites depuis, et spécialement celles d'Appel, qui a démontré que le trempage du grain avant l'application de l'eau chaude offre de grands avantages. Nous avons expliqué les principes scientifiques de ce traitement, et nous présenterons maintenant quelques chiffres intéressants donnés par Appel,[45] qui font très bien ressortir ces résultats.

Il était nécessaire, en premier lieu, de voir si le trempage préalable, suivi par le traitement principal, réduirait la maladie charbonneuse et quelle température serait la plus avantageuse. Le blé a été trempé pendant quatre heures, soit le temps qu'il faut pour que les spores germent à 77° F. D'autres températures ont été employées également. Le blé a ensuite été trempé dans l'eau chaude de la façon ordinaire et a donné les résultats que voici:—

Température de l'eau du trempage préliminaire....	34° F.	48° F.	64° F.	86° F.
Pourcentage de charbon noté dans la parcelle....	4.6%	3.1%	1.1%	0%

Le pourcentage de charbon dans la parcelle non traitée était de 4.9%.

Appel a étudié également la question de la longueur de temps nécessaire, ou la plus avantageuse, pour le traitement préliminaire. Une partie du même blé employé dans la première expérience a servi pour cela.

---

[45] Appel, O Ber. Deut. Bot. Gesel. 27:606-670. 1909.

Durée du traitement préliminaire.....	2 heures	4 heures	6 heures
Pourcentage de charbon noté dans la parcelle..	2.7%	1.1%	0%

Dans cette expérience la température de l'eau était de 64° F.

Voici la conclusion tirée de ces expériences, dont il s'est fait un nombre considérable:—

"Il est évident que l'on a découvert un bon moyen de combattre le charbon nu du blé (et de l'orge) ; ce moyen consiste à faire tremper le grain pendant une période de 4 à 6 heures dans de l'eau tenue à une température variant de 68° F. à 86° F., et à faire suivre ce trempage par une application d'eau chaude ayant une température d'au moins 122° F., et ne dépassant pas 129° F."

Le point suivant à considérer est la longueur de temps nécessaire pour le traitement principal, c'est-à-dire l'exposition à l'eau chaude. Cela dépend jusqu'à un certain point des facilités que l'on a pour maintenir la bonne température, mais la règle générale est dix minutes à une température égale de 124°-125° F.

Le cultivateur ne tardera pas à s'apercevoir que ce traitement présente de grands inconvénients au point de vue pratique, mais il ne faut pas oublier que c'est le seul que nous connaissons à l'heure actuelle pour combattre le charbon nu. Après tout, les difficultés ne sont qu'apparentes; elles peuvent être surmontées en grande partie par une bonne organisation, et, lorsqu'il est appliqué avec les soins voulus, ce traitement donne d'excellents résultats.

SIMPLE MÉTHODE DE TRAITEMENT À L'EAU CHAUDE

(a) Traitement préliminaire (trempage)

Appareils nécessaires.—1. Un thermomètre exact; le thermomètre de chambre ou de bain ne convient pas du tout dans ce but, mais un bon thermomètre de laiterie fera l'affaire.

2. Un grand baril en bois ou toute sorte de cuve en métal, ou un grand bassin.

3. Un bon nombre de sacs à grain, solides, mais à tissu assez ouvert pour que l'eau puisse passer rapidement à travers.

4. Un poêle, une bouilloire ou un foyer quelconque pour chauffer l'eau.

Façon de procéder.—1. Faire chauffer l'eau dans la bouilloire presque jusqu'au point d'ébullition, la verser dans le baril ou la cuve (avant d'aller plus loin remplir d'abord à nouveau la bouilloire avec de l'eau) et ajouter lentement de l'eau froide, en brassant énergiquement, jusqu'à ce que la température soit exactement à 86° F. Pour obtenir la température exacte, il faut absolument que l'eau soit bien brassée. Lire la température sans sortir le thermomètre de l'eau. Le bulbe de mercure doit toujours rester submergé quand on fait la lecture du thermomètre.

2. Remplir les sacs aux trois quarts avec le grain traité et les lier sans serrer. Plonger les sacs ainsi remplis dans le baril qui contient de l'eau à 86° F., lever et descendre les sacs à plusieurs reprises afin d'en faire sortir l'air rapidement. Avoir soin que l'eau recouvre le grain d'au moins plusieurs pouces. Maintenir le grain dans l'eau pendant quatre heures.

NOTE. — L'eau se refroidira lorsque l'on introduira le grain; si sa température baissait trop vite, c'est-à-dire si elle descendait au-dessous de 68° F. laissez-y le grain pendant cinq heures au lieu de quatre.

Autant que possible, traiter le grain dans une chambre chauffée pour empêcher que l'eau ne se refroidisse trop vite. En mettant le baril ou la cuve dans une grande caisse en bois, entourée de ripes, de foin ou de paille bien tassés, et en la recouvrant, on pourra maintenir la température assez constante pendant quatre heures une fois que le grain aura pris la température de l'eau. Un baril ordinaire suffit pour traiter un boisseau de grain ou un peu plus. Employer deux ou trois barils ou un baril plus gros s'il y a une plus grande quantité de grain à traiter. Plus le baril est gros et plus le volume d'eau est considérable, plus il sera facile de tenir la température constante.

(b) *Traitement principal à l'eau chaude*

Outillage supplémentaire.—Deux grands barils ou cuves qui peuvent chacun contenir de deux à trois sacs de grain. Un arrosoir avec pomme d'arrosoir.

Façon de procéder.—Verser dans le premier baril une quantité d'eau presque bouillante et ajouter lentement de l'eau froide jusqu'à ce que la température soit exactement de 112° F. (Remplir la bouilloire immédiatement car il faudra encore de l'eau chaude dans peu de temps). Puis, sortir le grain du baril où il trempait et le placer dans celui-ci. Lever et baisser les sacs à plusieurs reprises et laisser séjourner dans l'eau quinze à vingt minutes. Pendant ce temps, préparer l'autre baril; y mettre de l'eau chaude aussi près que possible du point d'ébullition. Ajouter lentement de l'eau froide jusqu'à ce que la température soit exactement de 129° F. puis sortir les sacs du deuxième baril (celui qui contient de l'eau à 112° F.) et les mettre dans le baril qui contient de l'eau à 129° F. Cette eau se refroidira un peu; si sa température tombait au-dessous de 122° F. remplir l'arrosoir d'eau chaude et en verser dans le baril, mais jamais directement sur le grain ou sur les sacs qui renferment ce grain. Cependant, lorsque les sacs sont bien recouverts d'eau, au moins quatre ou cinq pouces, il n'y a aucun risque à ajouter l'eau chaude. Pour opérer un mélange parfait, lever et rabaisser les sacs à plusieurs reprises ou les tourner dans le baril. Il faut que le grain reste exactement dix minutes dans ce dernier baril et pendant ce temps la température devra se maintenir de 124° à 127° F. Elle ne devra jamais tomber au-dessous de 122° F. ni s'élever au-dessus de 129° F. Trop froide, elle ne détruira pas le charbon; trop chaude, elle abîmera le grain.

(c) *Séchage du grain traité*

De toutes les difficultés de ce traitement à l'eau chaude, la plus grande paraît être dans le séchage du grain traité. Quand on sort les sacs, il faut les laisser égoutter parfaitement. S'il fait soleil, on peut étaler le grain en une couche mince, en plein air, et en le remuant à la pelle ou en l'agitant avec un râteau de bois on pourra le faire sécher assez vite pour qu'il soit possible de le semer quelques heures après. Ne pas oublier ce qui a été dit dans le chapitre sur la carie au sujet des soins à prendre pour empêcher la réinfection toujours possible du grain. Lorsqu'il gèle ou lorsque le temps est couvert ou pluvieux, il faut étaler le grain en une couche mince sur le plancher sec et propre de la grange. Une précaution très importante est de remuer le grain à la pelle constamment pour faciliter le contact de l'air, ce qui le fera sécher beaucoup plus vite. En outre le grain qu'on laisse sans y toucher est exposé à moisir, ce qui détruit sa germination. Parfois, et surtout par un temps couvert, il est bon de faire refroidir le grain en plongeant les sacs une minute ou deux dans l'eau froide et en les agitant de haut en bas à plusieurs reprises avant d'étendre le grain pour le faire sécher. Ce procédé a été trouvé avantageux, surtout lorsque l'on opère sur de l'orge. Il n'en résulte aucun mal pourvu que l'on sème le grain avant qu'il soit absolument sec. Au laboratoire nous avons constaté que le grain qui a germé et que l'on laisse bien sécher se remet complètement quand on le sème sans délai et il pousse tout aussi bien que le grain non traité.

LE CHARBON DE LA GAINE DU BLÉ

(Fig. 10)

Le charbon de la gaine du blé est depuis longtemps connu dans l'Australie et dans certains pays asiatiques. C'est aux Etats-Unis, en 1919, qu'il a fait sa première apparition dans l'Amérique du Nord. D'abord limité à quelques comtés de l'Illinois, il s'est depuis répandu dans le Missouri et le Kansas. Il n'a pas encore été découvert au Canada. Nous ne donnerons donc qu'une description

Fig. 10.—Le charbon de la graine du blé, d'après McAlpine, "Smuts of Australia".

sommaire de son apparence et des moyens de le traiter. Nous prions toutes les personnes qui soupçonnent sa présence de bien vouloir envoyer au Service de la botanique des spécimens de plantes malades pour qu'elles y soient examinées.

Apparence dans le champ.—Le charbon de la gaine du blé, comme son nom l'indique, se trouve principalement sur la gaine et sur le limbe de la feuille, mais il peut aussi se produire sur la tige et même sur les glumes. Les feuilles affectées se recroquevillent et se tordent et elles se recouvrent de fines raies noires, longitudinales. Ces raies noires sont formées par les spores produites par le champignon. La plupart des feuilles sur la tige sont infectées, mais les feuilles supérieures sont les plus abîmées de toutes. Les tiges infectées sont généralement rabougries et elles n'atteignent pas plus de un demi à deux tiers de la hauteur des tiges saines, et produisent rarement des épis ou de la semence. Généralement toutes les tiges d'une plante sont infectées, mais parfois une plante peut produire des tiges saines et des tiges malades.

Organisme qui cause la maladie.—Le charbon de la gaine du blé est causé par un champignon *Urocystis Tritici* Koern. Ce sont d'autres espèces de *Urocystis* qui causent les maladies du charbon de la tige du seigle et de l'oignon, également importantes au point de vue économique. Les spores paraissent, soit isolées, soit par deux ou plus, et sont unies ensemble en un sac de spores. La spore unique ou le sac de spores sont recouverts d'une couche de cellules stériles vides. En germant les spores produisent un promycélium sur le bout duquel deux à quatre sporidies allongées se développent. A en juger par la façon dont les spores germent, il est évident que le *Urocystis* est étroitement apparenté au *Tilletia*, mais à cause de la présence des spores dans des sacs plus ou moins couverts d'une enveloppe stérile de cellules, on considère que le *Urocystis* est un germe distinct, qui sera décrit en troisième lieu.

Sources d'infection.—Le charbon de la gaine est propagé par les spores qui se trouvent sur la semence ou par celles qui se trouvent dans le sol. Au cours du battage d'une récolte infectée, une grande proportion des spores tombent des épis et se répandent sur tout le grain. La batteuse, le coffre de la voiture, la grainerie, les sacs et tout ce qui sert à la manutention du grain se recouvrent de spores et l'infection se propage de cette manière au grain propre.

Lorsque l'on coupe une récolte infectée, les feuilles mortes et les autres parties de la plante qui portent les spores se cassent et tombent à terre. Un champ qui a produit une récolte charbonnée est ainsi contaminé par des spores. L'infection peut aussi être causée par la paille ou le fumier infecté, que l'on met sur la terre, ou par les spores que porte le vent.

Traitement.—Le carbonate de cuivre ou la formaline, employés de la même façon que pour la carie du blé, détruisent toutes les spores portées sur les semences.

Pour éviter que l'infection ne se propage par les spores du sol, il ne faut pas semer du blé sur une terre qui a porté une récolte charbonnée l'année précédente. Il faut attendre une ou plusieurs années avant de semer à nouveau du blé sur ce sol. Toute la paille infectée doit être détruite; il ne faut pas la laisser entrer dans le fumier, qui reporterait ainsi la maladie à la terre.

Aux Etats-Unis[46] le charbon de la gaine du blé s'est manifesté très souvent sur certaines variétés de blé d'Australie, très sensibles, mais on a trouvé des blés d'hiver durs et tendres, de haute qualité commerciale, qui sont réfractaires ou très résistantes à la maladie. On n'a pas pu déterminer la résistance des variétés rouges dures de blé de printemps, comme celles qui se cultivent généralement dans l'Ouest du Canada.

---

[46] Tisdale, W. H. et al. Ill. Agr. Sta. Exp. Bul. 242, 1923.

Fig. 11.—Les charbons de l'orge. (*a*) Epis d'orge détruits par le charbon nu. (*b*) Epi d'orge attaqué par le charbon vêtu.

MALADIES CHARBONNEUSES DE L'ORGE

(Fig. 11)

L'orge est sujette à deux formes de charbon.—On a longtemps cru que les charbons de l'orge n'étaient qu'une seule et même maladie, appelée *Ustilago nuda* par les anciens auteurs. Mais lorsque l'on eut constaté que le traitement appliqué à l'orge dans le but de maîtriser le champignon produisait des résultats contradictoires—faisant, dans certains cas, disparaître la maladie, et l'augmentant plutôt dans d'autres,—on crut d'abord que le traitement avait, après tout, ses limitations, et que sa valeur était restreinte en ce qui concerne l'orge. Plus tard, une étude plus approfondie permit de constater que l'orge est sujette à deux formes distinctes de charbon, l'une un charbon vêtu, *Ustilago Hordei* (Pers.) Kellerm & Swingle, et l'autre un charbon nu, *Ustilago nuda* (Jens.) Kellerm & Swingle. Cette découverte fournit de suite l'explication des échecs rencontrés dans certains cas. Les traitements que l'on employait alors supprimaient rapidement le charbon vêtu, mais étaient sans valeur contre le charbon nu. Bientôt cependant, on constata que le traitement à l'eau chaude, que l'on découvrit vers cette époque, avait raison du charbon nu.

LE CHARBON VÊTU DE L'ORGE

(Fig. 11; b)

Apparence dans le champ.—C'est lorsque le grain est coupé que l'on reconnaît le plus facilement la présence de ce charbon. Il ressemble parfois beaucoup au charbon nu, avec lequel on peut facilement le confondre dans le grain sur pied. Les épis atteints du charbon vêtu retiennent la conformation générale des épis normaux, mais ils sont beaucoup plus petits. Les grains, de même que les glumes qui les recouvrent, à l'exception de leurs pointes et des barbes, sont complètement transformés en charbon. Dans les épis normaux, il y a trois épillets à chaque jointure du rachis ou axe de l'épi, mais dans les épis charbonnés, les moitiés inférieures des épillets se fusionnent tandis que les parties supérieures restent distinctes. Les masses de spores sont couvertes d'une membrane blanche, délicate, tandis que les spores noires se voient à travers la membrane et communiquent à l'épi une couleur gris-terre. Cette membrane reste généralement intacte et s'oppose à la dispersion des spores jusqu'à l'époque du battage. Les épis charbonnés se cassent alors et la semence se contamine.

Germination des spores.—Ces spores diffèrent de celles du charbon nu et de la carie du blé par l'aspect (fig. 4; A, 8) mais encore plus par leur mode de germination. Elles sont un peu plus grosses que celles du charbon nu du blé et sont tout à fait lisses et d'un brun olive. Lorsqu'elles sont placées dans des solutions nutritives, elles germent abondamment, et produisent des tubes de germination courts, épais, divisés par des cloisons en quatre cellules. Des conidies se produisent sur la cloison et ces conidies se multiplient, même lorsqu'elles sont détachées, comme la levure de bière. Ces cultures peuvent continuer à se développer longtemps et pendant ce temps le nombre de conidies augmente également, mais le bourgeonnement cesse au bout de quelque temps et ces spores produisent des tubes semblables à des fils. Lorsque l'on sème de la graine d'orge contaminée par les spores du charbon vêtu, les spores germent et des tubes similaires pénètrent dans les tissus des semis; il en résulte à la longue des plantes charbonnées.

Traitement.—Les traitements à la formaline que l'on recommande pour la carie du blé sont très utiles également pour le charbon vêtu de l'orge. On recommande l'arrosage à la formaline, car c'est le moins pénible de tous. Parfois les épis charbonnés ne sont que partiellement rompus au cours du battage et l'on retrouve dans le grain de grosses masses fermes de spores, tout comme l'on trouve des sacs de carie dans le blé. Dans ces circonstances, il vaut mieux plonger le

grain dans une solution de formaline; on enlève ainsi les masses de carie et l'on empêche la réinfection du grain traité.

Nous ne recommandons pas le traitement au carbonate de cuivre, car il n'a pas donné de résultats satisfaisants contre ce charbon.

LE CHARBON NU DE L'ORGE

(Fig. 11; a)

Le charbon nu de l'orge est très proche parent du charbon du blé. Si l'on prend en considération ses symptômes généraux et sa marche, on pourrait croire qu'il est identique à l'espèce trouvée dans le blé. Et cependant ces deux champignons sont différents au point de vue biologique. En effet, le charbon du blé ne peut infecter l'orge, pas plus, du reste, que le charbon de l'orge ne peut infecter le blé; ceci nous prouve qu'ils appartiennent à des espèces différentes.

De même que dans le charbon du blé, ce charbon détruit complètement le grain; les spores paraissent sous forme de poudre à l'époque de la floraison de l'orge. Dans les premières phases, l'épi affecté peut paraître atteint de charbon vêtu à cause de la fine membrane qui l'enveloppe parfois, mais il est très rare que cette membrane soit encore intacte à l'époque de la moisson; à cette époque il ne reste plus que l'axe vide du blé, et dans les orges barbues, les barbes courbées et tordues.

L'organisme a une marche très semblable à celle du germe du charbon nu du blé. On peut douter cependant, dans ce cas, que l'infection ne se produise qu'à l'époque de la floraison. Tisdale et Tapke[47] ont infecté de l'orge avec du charbon nu en inoculant avec les spores de la semence débarrassée de sa bale. Les spores (fig. 4; A, 7) du charbon nu de l'orge ont la même grosseur et les mêmes détails microscopiques que celles du charbon nu du blé. Les spores sont brun olive, avec un côté beaucoup plus clair que l'autre, tandis que toute la surface est finement pointillée. Les spores germent de la même façon que celles du charbon nu du blé. Il ne se produit pas de sporidies, ou spores secondaires, mais les spores forment des filaments d'infection plus ou moins branchus.

Quoique l'on ait fait beaucoup de recherches pour trouver un mode plus simple de traitement, le traitement à l'eau chaude, dont la description est donnée au chapitre du charbon nu du blé, est le seul qui soit entièrement efficace pour cette maladie, et nous le recommandons donc pour le charbon nu de l'orge.

MALADIES CHARBONNEUSES DE L'AVOINE

(Fig. 12)

Fréquence du charbon de l'avoine.—Le charbon de l'avoine est beaucoup plus répandu que le charbon du blé ou de l'orge. Il cause tous les ans au Canada des pertes qui se chiffrent par plus de $6,500,000, ce qui dépasse les pertes causées par tous les autres charbons réunis. Comme ce charbon est facilement prévenu par le traitement de la semence, on s'explique difficilement comment il se fait qu'il soit aussi répandu. Ce ne peut être qu'à cause de l'ignorance ou de la négligence du cultivateur, qui ne traite pas sa semence contre le charbon.

Deux champignons responsables.—Le charbon de l'avoine consiste en réalité en deux charbons, causés par deux champignons distincts. Au premier coup d'œil, tous les charbons de l'avoine se ressemblent, mais lorsqu'on les étudie soigneusement, on voit qu'il y a deux charbons, un charbon découvert ou " nu " et un charbon couvert ou " vêtu ". Le charbon nu de l'avoine est causé par le champignon *Ustilago Avenæ* (Pers.) Jens. et le charbon vêtu par un champignon étroitement apparenté *Ustilago levis* (Kellerm & Swingle) Magnus. Tous deux sévissent au Canada.

---

[47] Tisdale, W. H. et V. F. Tapke. Jour. Agr. Res. 29:263-284. 1924.

CHARBON NU DE L'AVOINE

(Fig. 12; b)

Apparence dans le champ.—Ce charbon détruit l'épi ou la panicule de l'avoine et paraît sous forme d'une poudre presque noire, avant que les plantes aient complété leur développement. La présence d'épis singulièrement rabougris est la première indication de sa présence. La panicule normale est ouverte et les épillets se courbent gracieusement sous le poids croissant des grains, tandis que la panicule malade reste dressée et les épillets charbonnés se tiennent près de l'axe central de l'épi. Les épillets individuels sont presque entièrement transformés en spores noires du charbon. Parfois le charbon apparaît sous forme de longues raies noires dans la feuille supérieure. Ces raies s'ouvrent à la longue et laissent les spores sortir.

Dispersion des spores avant la moisson.—Les spores mûres se dispersent généralement à l'époque de la floraison; elles sont facilement distribuées par le vent (fig. 4; A, 2). Quelques spores se portent sur les panicules pour se loger dans les fentes ou les crevasses, sur l'extérieur des glumes, ou elles peuvent tomber à l'intérieur, entre les glumes et la semence qui se développe. Ces spores restent dormantes jusqu'à ce que l'on plante la semence qui les porte, puis elles germent et infectent les jeunes semis de la même façon que dans les charbons couverts.

Il a été démontré dernièrement,[48, 49] que les spores germent souvent immédiatement après qu'elles se sont logées entre la glume et la jeune semence. Un mycélium se forme dans les tissus intérieurs de la glume et dans les restes des parties de la fleur qui sont alors inutiles, le stigmate et les filaments de l'anthère. Lorsqu'on plante de la semence infectée, le mycélium dormant germe avec la semence et attaque les jeunes plantes de semis.

Apparence et germination des spores.—(Fig. 4; D, 1-3).—Les spores du charbon de l'avoine ressemblent à celles des charbons nus du blé et de l'orge par la grosseur, par le fin pointillé de la paroi de la spore et par d'autres détails microscopiques. Par contre, elles germent de la même façon que les spores du charbon vêtu de l'orge, produisant un promycélium septulifère (cloisonné) avec de nombreuses conidies hyalines, qui se multiplient indéfiniment, de la même façon que la levure, lorsque les conditions sont favorables. Lorsque les spores germent sur la semence après qu'elle est mise en terre, ces conidies émettent des tubes de germination qui pénètrent dans les jeunes plants de semis d'avoine. Lorsque les spores germent sur la semence qui se développe à l'époque de la floraison, les conidies produisent des hyphées qui pénètrent dans la paroi intérieure de la glume et forment un mycélium de repos.

Traitement.—La formaline est la seule substance que l'on recommande pour combattre le charbon nu dans les variétés ordinaires d'avoine à bale. Il n'y a que la formaline qui ait une puissance suffisante de pénétration pour détruire les spores ou le mycélium de repos du champignon, protégés comme ils le sont par la glume. Le carbonate de cuivre ou les autres substances employées comme poussières n'ont pas donné de bons résultats.

On recommande l'arrosage à la formaline et la pulvérisation à la formaline pour l'avoine. Les autres traitements à la formaline maîtrisent bien le charbon, mais ils exigent plus de travail et le grain sèche difficilement parce qu'il est plus humide. On pratique l'arrosage de la même façon que pour la carie du blé.

Pour la pulvérisation à la formaline, on mélange une livre de formaline avec une chopine d'eau. L'avoine à traiter est mise en tas sur un plancher propre, on la retourne à la pelle, tout en la pulvérisant avec la solution à raison d'une pinte de la solution pour 50 boisseaux de grain. Si l'on désire traiter une quantité de

---

[48] Zade, A. Angew. Bot. 6:113-125. 1924.
[49] Diehl, O. Bot. Arch. 11:146-199. 1925. Abstract in Rev. Appl. Myc. 5:27. 1926.

FIG. 12.—Les charbons de l'avoine. (*a*) Charbon vêtu de l'avoine. (*b*) Charbon nu de l'avoine. Il est à noter que la panicule attaquée par le charbon vêtu a une apparence plus naturelle que celle qui est atteinte du charbon nu.

semence plus petite, alors il faut diminuer, dans la même proportion, la quantité de solution ajoutée. Un petit pulvérisateur (capacité d'une pinte) est le plus commode pour appliquer la solution de formaline. La solution doit sortir du pulvérisateur sous forme d'une vapeur grossière. Deux hommes sont nécessaires pour appliquer ce traitement, l'un d'eux retourne le grain à la pelle, tandis que l'autre applique la solution sur chaque pelletée. Les fortes vapeurs de la formaline irritent les yeux, le nez et la gorge; on peut éviter cet accident en faisant l'opération dans un endroit où la circulation de l'air est bonne et en tenant le pulvérisateur près du grain. Une fois l'avoine entièrement traitée, on l'entasse en un tas et on la recouvre de couvertures ou de sacs pour retenir les vapeurs de la formaline. Les sacs doivent être parfaitement propres, sinon il faut les plonger dans une solution de formaline. Au bout de 5 heures, on découvre la semence. On peut alors la mettre en sacs et la semer immédiatement, car le grain ne se gonfle pas et par conséquent ne bouche pas les tuyaux.

On ne recommande la pulvérisation à la formaline ou la méthode de " formaline sèche." que pour la destruction du charbon de l'avoine.

Pour l'avoine nue (sans bale), on recommande le traitement à la poussière de carbonate de cuivre. Les détails de ce traitement sont les mêmes que pour la carie du blé; une description complète en a été donnée sous cet en-tête. Pour l'avoine nue, on devrait appliquer une bonne marque de carbonate de cuivre contenant 50 pour cent de cuivre, à raison de 4 onces par boisseau†, ou 1 once pour quatorze livres.

LE CHARBON VÊTU DE L'AVOINE

(Fig. 12; a)

Apparence dans le champ.—Le charbon vêtu de l'avoine se voit lorsque la récolte commence à épier. Les plants infectés produisent alors des panicules charbonnés, plutôt rabougries, semblables à celles qui sont infectées du charbon nu, sauf cette exception que le charbon vêtu ne détruit pas complètement la panicule pour la remplacer par des spores. Les glumes extérieures de chaque épillet ne sont que partiellement détruites, et il en résulte que les spores ne sont pas aussi facilement chassées par le vent que dans le charbon nu, et l'épillet conserve sa forme normale.

Dispersion des spores au moment du battage.—Lorsque l'on bat du grain charbonné, les épis charbonnés sont rompus par la batteuse et les spores s'éparpillent sur le grain sain.

Apparence et germination des spores.—Les spores du charbon couvert de l'avoine sont tout à fait lisses (fig. 4; A, 9); elles diffèrent sous ce rapport des spores finement échinées du champignon du charbon nu. En germant chaque spore produit un promycélium cloisonné qui, à son tour, produit des conidies. Les conidies se multiplient indéfiniment, de la même façon que les levures, si les conditions sont favorables. Lorsqu'on plante de la semence charbonnée, les spores germent avec la semence et infectent les jeunes plants de semis.

Comparaison des champignons qui causent les charbons nu et vêtu de l'avoine.—Les deux champignons qui causent respectivement les charbons nu et vêtu de l'avoine sont très semblables sous certains rapports, mais ils diffèrent beaucoup l'un de l'autre sous d'autres rapports. Les épis infectés de l'un ou l'autre de ces charbons se voient à l'époque de la floraison, mais comme le champignon du charbon nu détruit l'épi plus complètement, ses spores sont dispersées par le vent à cette époque et trouvent à se loger entre la glume et la semence qui se développe. D'autre part les spores du champignon du charbon vêtu ne se dispersent que lorsque les épis charbonnés sont battus; à cette époque elles sont éparpillées sur

† On considère qu'un boisseau d'avoine nue pèse 56 liv.

la semence. Les spores des deux charbons peuvent causer l'infection des semis, mais les semis peuvent aussi être infectés par le mycélium dormant dans les tissus des glumes. Lorsqu'on examine au microscope les spores du champignon du charbon nu, on voit à la surface un fin pointillé, tandis que les spores de l'autre charbon sont parfaitement lisses. Les deux champignons sont facilement maîtrisés par le même moyen. La pulvérisation et l'arrosage à la formaline enrayent parfaitement la maladie dans les variétés communes d'avoine à balle. Quant à l'avoine sans balle, c'est le traitement au carbonate de cuivre qui s'est montré le plus satisfaisant.

Traitement.—On recommande le traitement à la formaline, soit par l'arrosage, soit par la pulvérisation, pour combattre le charbon couvert dans les variétés communes d'avoine à balle. Le traitement par l'arrosage a déjà été décrit au chapitre de la carie du blé; le traitement par la pulvérisation est décrit en détail au chapitre du charbon nu de l'avoine.

Dans les expériences sur la façon de prévenir le charbon vêtu dans l'avoine commune, le carbonate de cuivre n'a pas toujours réussi à tenir la maladie en échec. Lorsque les parcelles ensemencées de semence non traitée accusaient dix pour cent ou moins de charbon, le carbonate de cuivre a réduit le charbon à une quantité insignifiante, mais dans les cas où la semence traitée produisait une récolte fortement infectée du charbon, le carbonate de cuivre n'a diminué cette quantité que de moitié. Il faudra faire de nouveaux essais avant que l'on puisse se prononcer définitivement sur la valeur de ce traitement pour le charbon vêtu de l'avoine.

En ce qui conncerne l'avoine sans balle, la formaline ne détruit pas très bien ce charbon et affaiblit sérieusement la faculté germinative de la semence. On doit donc toujours employer le carbonate de cuivre pour l'avoine sans balle. On devra appliquer une bonne marque de carbonate de cuivre à raison de 4 onces par boisseau (56 livres), ou 1 once par 14 livres de semence. Le détail du traitement a été décrit au chapitre du traitement sur les moyens de lutte contre la carie du blé.

CHARBON DE LA TIGE DU SEIGLE

(Fig. 13)

Il est rare que le seigle soit attaqué par les charbons au Canada, et cette plante diffère en cela des autres récoltes de grain. On voit parfois, cependant, des champs de seigle infectés du charbon de la tige. Généralement l'infection est légère, mais en 1924 on a trouvé, au Manitoba, deux champs dans lesquels 15 à 20 pour cent des tiges étaient détruites par le charbon.

Le charbon de la tige du seigle est causé par *Urocystis occulta* (Wallr.) Rab., un champignon étroitement apparenté au champignon du charbon de la gaine, qui attaque le blé.

Apparence dans le champ.—Le charbon de la tige apparaît sur les gaines des feuilles et des tiges, sous forme de longues raies parallèles. C'est sur les tiges que ces raies sont les plus apparentes, spécialement sur la partie qui est juste au-dessous de l'épi et où elles se confondent pour former une plaque épaisse de charbon. Ces raies, d'abord de couleur de plomb, sont causées par des masses de spores noires, ou noir brunâtre, à l'intérieur de la feuille, plus tard l'épiderme se rompt et les raies paraissent noires à cause des spores ainsi exposées; les plantes charbonnées sont généralement rabougries et mal formées. Il se forme souvent des épis, mais ces épis sont pâles, de petite taille et sont généralement complètement mildiousés. Ils se penchent souvent verticalement parce que les tiges sont affaiblies par le charbon juste au-dessous des épis.

Apparence et germination des spores.—Les spores sont de couleur brun doré foncé, elles sont de forme sphérique à oblongue, elles ont environ la grosseur

Fig. 13.—Charbon du seigle sur les épis et les tiges, montrant la déformation et la fente des tiges. D'après Stakman, E. C. et M. N. Levine. Minn. Agr. Exp. Sta. Bul. 160 fig. 2, 1916.

des spores de carie (*Tilletia*). Elles paraissent séparément ou sous forme de sacs de carie (fig. 14; 1) dans lesquels de deux à cinq sont unies ensemble. Dans chaque cas la surface est plus ou moins recouverte d'une couche de cellules vides, stériles. En germant, chaque spore produit un tube hyalin ou promycélium, au sommet duquel se développent deux à quatre sporidies allongées.

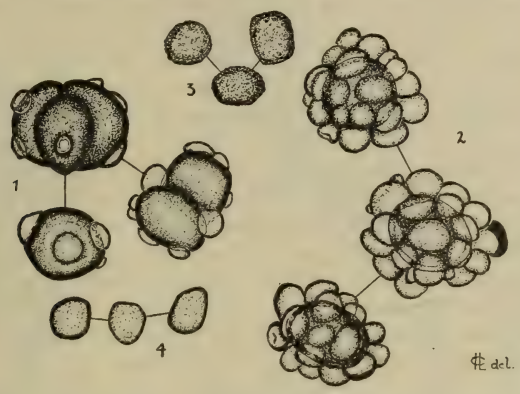


FIG. 14.—(1) Sacs de spores du charbon du seigle. Les spores fertiles ne sont que partiellement couvertes par les spores stériles. (2) Sacs de spores du charbon de l'oignon, une spore fertile dans chaque sac est presque complètement enveloppée par les cellules stériles. (3) Spores du charbon du ray-grass de l'Ouest. (4) Spores du charbon du millet Panicum. Toutes grossies 600 fois.

Sources d'infection.—L'infection du charbon de la tige vient des spores qui se trouvent sur la semence ou dans le sol. Lorsqu'on bat une récolte infectée, un grand nombre de spores tombent de la paille et sont éparpillées dans le grain.

Lorsqu'on coupe une récolte infectée, les feuilles et les tiges qui portent les spores tombent par terre et inoculent ainsi le sol. Les spores portées par le vent et la paille ou le fumier infectés mis sur la terre sont également des sources d'infection.

Moyens de lutte.—On recommande l'arrosage à la formaline, déjà décrit pour le traitement de la carie du blé. On ne signale aucune expérience sur l'utilité du carbonate de cuivre dans la lutte contre le charbon de la tige; cependant cet ingrédient s'est montré utile dans la lutte contre le charbon de la gaine du blé, qui est apparenté au premier.

On n'a éprouvé des difficultés à maîtriser le charbon du seigle que lorsque plusieurs cultures de seigle se succédaient sur le même champ. Pour éviter l'infection causée par les spores qui se trouvent dans la terre, on devrait attendre au moins une année, et de préférence plus longtemps, avant de resemer du seigle sur un champ qui a porté une récolte infectée du charbon du seigle. Toute la paille du seigle infecté doit être brûlée; si on l'emploie pour la litière, alors il faut avoir soin de ne pas épandre le fumier sur le champ où l'on se propose de cultiver le seigle.

CHARBON DU MAÏS

(Fig. 15)

Le charbon du maïs se rencontre au Canada partout où l'on cultive du maïs. Il est causé par le champignon *Ustilago Zeae* (Beckm.) Unger, et il cause de grands ravages sur certaines variétés sensibles de maïs.

Apparence dans le champ.—Le charbon du maïs peut apparaître sur toutes les parties aériennes de la plante. On verra plus loin que ce champignon attaque

toutes les parties jeunes ou en végétation active de la plante, comme l'axe des feuilles, la nervure médiane des jeunes feuilles et les fleurs de la panicule mâle ou des épis. Il cause une irritation locale de la plante dans la partie infectée et il se forme des tumeurs ou boursouflures, souvent très grosses, et d'une apparence caractérisque. La maladie apparaît d'abord sur les feuilles; les feuilles affectées prennent une teinte d'un jaune plus clair que le jaune normal et se recouvrent de petites boursouflures en forme de vessie de différentes grosseurs. Ces boursouflures se composent d'abord d'une masse de mycélium de charbon, mélangée avec le tissu de la plante, mais plus tard ce mycélium se transforme en spores. Lorsque l'époque de la production des spores approche, la couleur des tissus affectés devient assez variable. Très souvent elle est d'un rouge écarlate foncé, mais quelle que soit la première couleur elle devient plus tard d'un blanc argenté. Jusque-là les spores ne sont pas encore mûres; elles sont retenues dans les tumeurs de différentes formes qui sont entourées d'une membrane épaisse, semblable à du parchemin, mais pliable. A mesure que la maladie suit son cours, la membrane s'amincit de plus en plus et finit par se rompre. Alors des myriades de spores, sous forme de poudre noire, sont exposées. Si les épis sont attaqués, ils sont généralement difformes, les grains sont remplacés par des tumeurs dont la grosseur varie depuis celle d'un pois jusqu'à celle d'un marron.

Apparence et germination des spores.—Les spores (fig. 4; A, 5) sont brunes, rondes à légèrement ovales, avec une surface finement épineuse et un contenu souvent granuleux. La spore est environ deux fois plus grosse que celle du charbon nu du blé ou de l'orge. En germant, chaque spore (fig. 4; E, 1-4) produit un promycélium à quatre cellules court et épais, au sommet et aux parois duquel des conidies grêles se forment, comme dans le charbon vêtu. Ces conidies bourgeonnent abondamment dans des conditions favorables et finissent à la longue par se détacher. Même les cellules du promycélium se séparent et forment des grappes plus petites ou plus grosses de spores, semblables à des levures. Leur développement dans un milieu artificiel est si rapide et si vigoureux que des parties de cette grappe sont forcées dans l'air où elles se divisent et produisent des spores en longues chaînes (fig. 4; E, 4). Ces spores sont beaucoup plus petites que celles qui sont produites à l'intérieur de la culture.

Mode d'infection.—Le charbon du maïs se propage d'une façon unique. Dans les vrais charbons nus du blé et de l'orge, l'infection a lieu par la fleur, mais dans les autres charbons déjà décrits, la plante s'infecte dans la phase de la plantule. Dans ces deux cas l'infection de la plante est systématique, c'est-à-dire que le champignon s'établit dans la jeune plante lorsqu'elle vient de lever et envahit toutes les tiges qui se développent plus tard. Finalement, il fait son apparition dans l'épi ou dans l'inflorescence, de même que dans la carie ou le charbon nu du blé, ou dans les feuilles ou les gaines des feuilles, de même que dans le charbon de la gaine du blé. Mais dans le charbon du maïs la maladie n'est pas systématique. Le champignon ne se propage pas dans tous les tissus de la plante; il reste localisé. Chaque groupe séparé de tumeurs de charbon provient donc d'une infection différente.

Nous avons vu que lorsqu'une tumeur de charbon mûrit, la membrane qui la recouvre se rompt et les spores peuvent ainsi être transportées par le vent ou enfoncées dans le sol par la pluie. La tumeur de charbon se désagrège graduellement, et il en sort un nombre de spores de plus en plus grand. Des bactéries et des levures peuvent s'introduire dans la tumeur mûre et hâter beaucoup la désagrégation par leur action. En arrivant au sol, les spores germent promptement dans la matière organique humide, comme par exemple le fumier et les tissus décomposés des plantes, et produisent des conidies en abondance. Il n'est pas nécessaire que l'humidité soit toujours présente, car les spores et les conidies ne sont que peu affectées par le séchage. Elles peuvent donc être transportées par le vent avec des particules de poussière jusqu'à ce qu'elles atteignent un lieu favorable pour con-

FIG. 15.—Charbon du maïs. (*a*) Inflorescence mâle ou panache partiellement infectée. (*b*) Une grosse "tumeur de charbon" sur la tige principale. (*c*) Inflorescence femelle ou épi détruite par le charbon.

tinuer leur croissance. Quelques-unes d'entre elles peuvent se loger sur les plantes de maïs. Une pluie les entraîne, avec de nombreuses particules de poussière, dans les axes des feuilles qui se gorgent d'eau contenant une petite quantité de matière organique en solution. Les conidies bourgeonnent rapidement dans ce milieu et produisent bientôt une culture virulente du charbon du maïs. Toute jeune pousse dans l'axe de ces feuilles vient ainsi en contact avec l'organisme et peut en être infectée.

La température affecte le charbon. — On voit par ce qui précède que les chances d'infection de la plante dépendent surtout du genre de température qui sévit pendant la saison de végétation. La sécheresse tient la maladie en échec, mais l'humidité favorise sa propagation rapide. On le voit surtout lorsque la pluie suit une longue période de sécheresse. L'humidité cause une végétation rapide du maïs, qui résulte en l'apparition de nombreux jeunes bourgeons et de plantes tendres qui peuvent être attaqués facilement par le champignon. L'humidité aide ainsi le champignon de deux façons: elle permet la multiplication rapide des conidies par le bourgeonnement, augmentant ainsi la quantité d'inoculum et elle fournit des points supplémentaires par lesquels le champignon peut s'introduire.

Moyens de lutte. — Le charbon du maïs est une maladie difficile à combattre; il peut attaquer les jeunes tissus de la plante en végétation à tout moment de la saison, lorsque les conditions sont favorables. Le traitement de la semence n'a que peu de valeur, et c'est en cela qu'il diffère de la plupart des maladies charbonneuses, sauf lorsque le maïs doit être semé dans un district où la maladie est inconnue. Dans ce cas le traitement détruit les spores portées sur la semence et qui, à défaut de traitement, pourraient introduire la maladie.

Lorsque le champ n'est pas grand, on doit enlever à la main pour les brûler toutes les tiges, tous les épis et les panicules floraux infectés. On devrait également, si c'est possible, recueillir les tumeurs de charbon avant que les spores ne se forment. Cependant si ces spores ont déjà commencé à se former, il faut mettre les parties infectées dans des sacs de papier à mesure qu'on les ramasse pour empêcher les spores de se répandre. Il faut parcourir le champ à intervalles fréquents, surtout lorsque les plantes poussent vigoureusement, quelque dix à quinze jours après une période pluvieuse. Il faut se garder de jeter les parties infectées dans un tas de compost ou de fumier, car les spores du charbon y germeraient et produiraient une abondance de conidies dans la matière végétale en décomposition. Lorsque ce fumier est répandu dans un champ, spécialement au printemps, il inocule le sol de l'organisme qui cause le charbon du maïs, et si l'on y sème du maïs, on aura presque invariablement une récolte fortement charbonnée.

Si, pour une raison quelconque, les tumeurs de charbon ne sont pas enlevées ou ne peuvent pas être enlevées des plantes dans le champ, il est préférable d'ensiler le maïs, car la fermentation qui se produit dans le silo détruit les spores en trois ou quatre semaines.[50] Par contre, si l'on donne les tiges de maïs aux bestiaux, les spores s'introduisent presque sûrement dans le fumier pour être reportées à la terre.

Un bon assolement de récoltes, en plus de ces mesures sanitaires, est avantageux. Le maïs ne devrait jamais succéder au maïs dans un assolement; c'est de cette façon que les germes du charbon s'accumulent dans le sol.

LE CHARBON DU RAY-GRASS DE L'OUEST

(Fig. 16)

Le ray-grass de l'Ouest (*Agropyron tenerum*) est l'une des quelques graminées indigènes des Prairies qui ont été mises en culture. Son utilité comme plante à fourrage, pour le pacage et pour le foin, a été reconnue pour la première fois vers

[50] Piemeisel, F. J. Phytopath. 7:294-307. 1917.

FIG. 16.—Epis sains et charbonnés du ray-grass de l'Ouest. Photographie par Fraser & Scott.

1890, et il est maintenant l'objet d'une grande culture dans l'Ouest du Canada.

Il y a un charbon qui est commun sur les ray-grass de l'Ouest dans les provinces des Prairies du Canada; on considère qu'il est causé par le champignon *Ustilago bromivora.*[51] Il attaque également les *Agropyron Richardsonii* et *A.* dasystachyum, deux ray-grass sauvages indigènes, et certains bromes cultivés et sauvages. On ne l'a jamais trouvé sur le brome inerme (*Bromus inermis*).

Apparence dans le champ. — Ce charbon ressemble par l'apparence au charbon couvert de l'avoine. Les spores de charbon forment de petites masses gonflées à la base de chaque épi et les épis charbonnés mûrissent prématurément. Les galles de charbon sont généralement beaucoup plus grosses sur le brome, ce qui fait que les épis charbonnés sont très visibles.

Apparence et germination des spores. — Les spores (fig. 14; 3) sont brun rougeâtre, la plupart d'une forme ovale ou ronde, mais, parfois irrégulière, à cause de la pression exercée par les spores voisines au cours de la formation. Elles ont parfois une apparence lisse ou granuleuse, mais elles sont généralement recouvertes de verrues minuscules. Elles ont à peu près la grosseur des spores du charbon du maïs et elles germent de la même façon que les spores des charbons vêtus, déjà décrits.

Infection des plantules. — Les spores qui causent l'infection des gazons cultivés de ray-grass de l'Ouest se répandent lorsque l'on bat ensemble des épis sains et des épis charbonnés. Lorsque l'on plante de la semence contaminée de spores du charbon, les spores germent avec la semence et infectent les jeunes semis. Comme beaucoup des graminées et des ray-grass sont vivaces et que le champignon reste en vie dans le collet, tous les nouveaux épis développés par les plantes déjà infectées sont généralement charbonnés.

Moyen de lutte. — Le trempage de la semence pendant cinq minutes dans une solution de formaline ordinaire (1 livre de formaline dans 40 gallons d'eau) a donné une destruction parfaite sans abîmer la semence. Le carbonate de cuivre n'a pas maîtrisé le charbon.[52]

LE CHARBON DE LA FEUILLE DU MIL (FLÉOLE)

Le charbon de la feuille du mil se rencontre sur le mil et sur un grand nombre d'autres graminées dont quelques-unes des plus importantes sont l'agrostide, le dactyle pelotonné et le pâturin bleu du Kentucky. On l'a rarement rencontré sur le mil au Canada, mais il a causé des pertes sérieuses aux Etats-Unis. Dans un recensement fait dans l'état de New-York [53] en 1914, la maladie était plus ou moins abondante dans la plupart des champs examinés. Dans un champ, plus de cinquante pour cent des plantes étaient infectées et la perte dans le foin était évaluée à environ trente pour cent. Cette perte aurait été encore plus forte si la récolte avait été destinée à la production de semence. Ce charbon a été recueilli sur quelques graminées au Canada et il est possible que l'on ne se soit pas aperçu de sa présence sur le mil.

Apparence dans le champ.—Le charbon du mil affecte les feuilles, les tiges et les épis. Il paraît d'abord sous forme de longues marbrures étroites, couleur de plomb, dans les feuilles. L'épiderme se rompt bientôt et ces marbrures deviennent brun foncé ou presque noires à cause des masses de spores poussiéreuses qui sont exposées. Ces spores sont rapidement éparpillées par le vent, tandis que les feuilles se déchirent et se déchiquettent. D'après Osner[53] cette apparence déchi-

---

[51] Fraser, W. P. et G. A. Scott. Phytopath. 16:473-477. 1926.
[52] Fraser, W. P. Rapport du service féd. de la bot., année 1922:55. 1923.
[53] Osner, G. A. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bul. 381. 1916.

FIG. 17.—(*a*) Charbon vêtu du grain du sorgho sur le maïs à balais; (1) sacs de carie; (2) parties normales de la panicule entourant le grain sain; (3) grain sain. (*b*) Un épi de millet queue-de-renard atteint de charbon.

quetée des feuilles est l'un des symptômes les plus frappants dans les vieilles plantes, et permet de reconnaître la maladie à une distance considérable. Les plantes affectées sont sérieusement rabougries et produisent peu d'épis. Les épis qui se forment sont généralement entièrement détruits par le charbon et, par conséquent, aucune semence viable ne mûrit. Parfois l'infection est si grave que la jeune plante meurt.

Champignon qui cause le charbon de la feuille du mil.—Le nom généralement adopté dans ce pays pour le champignon qui cause le charbon de la feuille du mil est *Ustilago striaeformis* (Westd.) Niessl.

Apparence et germination des spores.—Les spores du champignon du charbon du mil ont à peu près la même grosseur que les spores du charbon du maïs, mais elles sont plus visiblement échinées. En germant, chaque spore émet un long tube de germination ou promycélium, portant de une à cinq sporidies latérales. La germination des spores ressemble beaucoup à celle des spores des vrais charbons nus, mais contrairement aux spores de la plupart des charbons, celles du charbon du mil ne germent qu'après une longue période de repos.[54] Les spores en terre mettent environ 265 jours en moyenne avant de germer et elles peuvent continuer à germer pendant environ 72 jours. Par conséquent, il n'y a que les spores produites la saison précédente qui peuvent infecter les semis de mil.

Infection des plantules.—Le champignon du charbon du mil vit pendant l'hiver sous forme de spores dans le sol ou dans les plants charbonnés en décomposition ou comme mycélium vivace dans les bases bulbeuses de la plante. Au printemps, le mycélium qui passe l'hiver dans les plantes infectées se développe dans la partie activement végétative de la plante, infecte de nouvelles tiges et produit les marbrures caractéristiques du charbon dans les feuilles, les tiges et les parties florales. Les plantes ne sont infectées par les spores qui ont passé l'hiver que dans la phase de la plantule; la maladie fait son apparition de cinq à treize semaines après l'infection.

Traitement.—Comme le cycle évolutif du charbon du mil n'a été qu'imparfaitement compris jusqu'à ces derniers temps, tous les efforts que l'on a tentés pour maîtriser la maladie n'ont pas été satisfaisants. Nous recommandons les traitements suivants, tant que l'on n'aura pas conduit des expériences.

Le trempage habituel ou l'arrosage à la formaline détruisent les spores sur la semence, mais ils ne fournissent aucune protection contre les spores qui se trouvent dans le sol. Si le saupoudrage de la semence avec du carbonate de cuivre empêche l'infection par les spores venant de la terre, ce serait le meilleur traitement, car la quantité de germes dans le sol serait ainsi réduite.

Lorsqu'on donne aux animaux du foin charbonné, il faut se garder de ne répandre le fumier de ces animaux sur la terre qui doit être ensemencée en mil la saison suivante.

LE CHARBON DES MILLETS QUEUE DE RENARD (À GRAPPE)

(Fig. 17; b)

Les millets généralement cultivés se divisent naturellement en deux groupes—les millets queue de renard, qui ont une inflorescence compacte, semblable à un épi, et les millets *Panicum,* qui ont un épi ouvert, semblable à une panicule d'avoine. Les millets ordinaires, d'Allemagne, Kursh, de Hongrie et de Sibérie sont du type queue de renard, tandis que les millets proso, à cochon, et le maïs à balai, sont du type *Panicum.*

Le millet n'est pas une récolte importante au Canada, mais celui que l'on cultive est parfois infecté de charbon. Les millets queue de renard sont attaqués

[54] Davis, W. H. Jour. Agr. Research. 32:69-76. 1926.

par le champignon du charbon, *Ustilago Crameri* Koern, qui détruit les fleurs séparément, sans altérer la forme normale de l'épi. Par contre, les millets *Panicum* sont sujets à un charbon, causé par un champignon entièrement différent, qui détruit la panicule normalement étalée et produit à sa place une tumeur épaisse allongée, dont nous parlons dans le chapitre suivant.

Apparence dans le champ.—Ce charbon ressemble un peu à la carie du blé ou au charbon vêtu de l'avoine, et lorsqu'il pousse dans le champ, il est très visible à cause de l'aspect noir des épis infectés. Les spores se dispersent dans le champ où elles infectent les graines de plantes voisines, comme par exemple dans le charbon nu de l'avoine, ou elles peuvent rester enveloppées d'une membrane qui forme des "sacs de charbon" semblables à ceux de la carie du blé mais beaucoup plus petits.

Aspect des spores et mode de germination.—(Fig. 4; A, 3). Les spores sont brun-rougeâtre, ovales, rondes, ou encore portent des coches irrégulières là où elles ont subi la pression d'autres spores qui se trouvaient dans le même sac. Elles sont très lisses mais leur contenu paraît plus ou moins granuleux. Elles ont presque la même grosseur que les spores du charbon du maïs, et germent de la même façon que ces dernières ou qu'aucun des charbons vêtus déjà décrits.

Infection et traitement.—Lorsqu'on bat une récolte charbonnée, les spores sortent des épis et contaminent la semence. Lorsque l'on sème cette semence, les spores germent et infectent les plantules de millet.

Le traitement ordinaire à la formaline par l'arrosage, décrit pour la carie du blé, est aussi utile contre le charbon du millet. On a trouvé que de $\frac{3}{4}$ à 1 gallon de solution suffit pour arroser un boisseau de semence. Comme la semence germe rapidement lorsqu'elle est humide, elle devrait être couverte pendant deux heures seulement après le traitement, puis rapidement séchée. Il faut semer de suite la semence germée et ne pas la laisser sécher. Il est bon de n'employer que de la semence de haute vitalité, car la formaline réduit sensiblement la faculté germinative de la semence faible.

LE CHARBON DES MILLETS *PANICUM*

(Fig. 18)

Le charbon des millets *Panicum*, ou des millets maïs à balai, cause quelquefois des ravages dans les champs de millet à cochon dans l'Ouest du Canada. Ce charbon est causé par le champignon *Sorosporium Panici-milacei*. Il est étroitement apparenté aux champignons appartenant à l'espèce *Ustilago*, mais les spores, au lieu de se reproduire isolément comme dans ce dernier, sont liées ensemble en petits groupes, appelés sacs de spores. C'est le quatrième genre mentionné dans ce bulletin.

Apparence dans le champ.—Lorsqu'une plante de millet est charbonnée, la panicule étalée normale est complètement détruite. A sa place paraît une tumeur épaisse, allongée, souvent partiellement cachée par la gaine de la feuille supérieure. La tumeur du charbon est d'abord recouverte d'une membrane blanche qui se fend avec le temps et expose une masse poudreuse de spores noires ou brunes. Les plantes affectées sont donc faciles à reconnaître. Il paraît que la plupart des spores sont éparpillées par le vent et les insectes avant l'époque de la moisson, et elles arrivent de cette façon au grain des plantes saines.

Apparence et germination des spores.—Les spores (fig. 14; 4) du charbon des millets *Panicum* sont d'abord réunies en groupes appelés sacs de spores, mais lorsque les spores sont mûres elles se séparent facilement les unes des autres. Les spores lisses sont presque aussi grosses que les spores du charbon du maïs. La germination de la spore se fait à peu près de la même façon que celle de la spore de la carie de l'avoine, et que nous avons déjà décrite.

Fig. 18.—Un épi sain et trois épis charbonnés d'un millet *Panicum* cultivé.

Traitement.—Le charbon des millets *Panicum* se combat facilement par l'arrosage à la formaline. Les détails de ce traitement sont les mêmes que ceux qui sont donnés pour la carie du blé. Il suffit de ¾ à 1 gallon de solution de formaline pour traiter 1 boisseau de grain. La semence n'a besoin d'être recouverte que pendant deux heures. On l'étale et on la fait sécher aussi rapidement que possible pour prévenir la germination. Il ne faut pas laisser sécher la semence germée mais la semer immédiatement. Ici encore il faut n'employer que de la semence de haute vitalité, parce que la formaline abîme plus la semence faible que la semence saine.

LE CHARBON DU FROMENTAL

Le fromental (*Arrhenatherum elatius*) se cultive parfois au Canada comme plante fourragère. Comme on a trouvé du fromental charbonné dans le Québec et en Colombie-Britannique, nous décrirons brièvement ce charbon.

Le charbon du fromental est causé par *Ustilago perennans* Rostr., un champignon ressemblant beaucoup à l'organisme qui cause le charbon nu de l'avoine, et qui est compris par certains auteurs sous le titre de *Ustilago Avenae.*

Il n'y a que les épis qui sont affectés du charbon. Ils sont plus petits et plus dressés que les épis sains. Ce charbon n'attaque généralement que la partie inférieure et intérieure de chaque épillet; il diffère sous ce rapport du charbon nu de l'avoine où chaque épillet est presque complètement détruit. De même que les autres charbons qui attaquent les plantes vivaces, le mycélium est vivace dans les parties souterraines et il infecte toutes les tiges nouvelles qui se produisent.

Nous n'avons pas encore fait d'expériences sur le moyen de prévenir ce charbon par le traitement de la semence, mais l'arrosage à la formaline est recommandé. Comme la formaline abaisse la faculté germinative de la semence à faible vitalité, on ne devrait traiter que de la semence ayant une haute vitalité.

LES CHARBONS DU GRAIN DE SORGHO

Les différentes variétés de sorgho se divisent en trois types, suivant le but pour lequel on les cultive: les sorghos sucrés, cultivés pour le sirop et les fourrages; les sorghos à grain, pour le grain et les fourrages; les sorghos à balai, pour la semence ou pour le panache employé dans la fabrication des balais. La perte annuelle causée aux Etats-Unis par les charbons du sorgho, dont les charbons du grain sont les plus importants, est évaluée à $3,000,000.[55]

Le sorgho n'est que peu cultivé au Canada, mais chaque fois qu'il a été cultivé, on a trouvé du charbon dans la récolte. Il y a quelques années un certain nombre de variétés de sorgho à balai ont été essayées à la ferme expérimentale centrale et à queliques-unes des fermes annexes. Dans la première année de l'expérience la graine n'avait pas été traitée, et dans certaines variétés, de 30 à 40 pour cent des plantes étaient infectées du charbon du grain.

Les pertes causées par ce charbon ne se bornent pas à la destruction du grain du sorgho. Lorsque le sorgho est cultivé pour le fourrage, la qualité du fourrage est abîmée. Dans les sorghos à balai, la plante infectée a produit un panache court courbé, à axe central très développé et ce panache ne peut servir à la fabrication des balais.

Les trois charbons du sorgho se distinguent facilement l'un de l'autre; il suffit de comparer la description sommaire des charbons du grain donnée dans ce chapitre avec celle du charbon de l'épi dans le chapitre suivant.

Aspect de la maladie.—Une plante de sorgho infectée est tout à fait normale par la taille et l'apparence générale, et la présence de la maladie ne peut être reconnue que lorsque l'épi sort de la gaîne. Les grains normaux sont remplacés par des sacs de charbon allongés faisant saillie et recouverts d'une membrane mince.

---

[55] Reed, G. M. U.S.D.A. Dept. Bull. 1284. 1925.

Dans le charbon nu du grain, la membrane se fend facilement et les spores ainsi mises en liberté sont rapidement dispersées par le vent. Par contre, dans le charbon couvert, la membrane est plus rugueuse, elle se fend moins facilement et les spores ne sortent des sacs de charbon que lorsque la récolte est battue.

Organisme causal.—Nous avons déjà dit qu'il y a en réalité deux charbons du grain du sorgho, le charbon vêtu et le charbon nu, causés par des champignons étroitement apparentés, *Sphacelotheca Sorghi* (Lk.) Clinton, et *Sphacelotheca cruenta* (Kuhn) Potter. Le genre *Sphacelotheca* est le cinquième qui est décrit dans ce bulletin et il est évidemment étroitement apparenté à *Ustilago,* car la germination de leurs spores se fait d'une façon très semblable. Les deux genres sont distincts, cependant, car dans *Sphacelotheca* les spores sont portées autour d'un axe ou columelle central allongé et les sacs de charbon sont recouverts d'une fausse membrane de cellules du champignon. Le charbon couvert du grain du sorgho est représenté à la figure 17. A.

Traitement de la semence,—Il est facile de prévenir les charbons du grain du sorgho en traitant la semence. Le traitement au carbonate de cuivre, décrit pour la carie du blé, est très satisfaisant. Lorsqu'on emploie du carbonate de cuivre contenant 50 pour cent de cuivre, 2 onces de poussière par boisseau suffisent. Si le carbonate de cuivre a été dilué jusqu'à ce qu'il ne contienne que 20 pour cent de cuivre, 4 onces suffisent. La formaline donne également de bons résultats mais elle abîme toujours la semence, si la graine n'est pas mûre, si elle est fendue ou légèrement abîmée au battage. Si on emploie la formaline, on mélange 1 livre de formaline avec 30 gallons d'eau. On fait tremper la semence pendant 1 heure dans cette solution, puis on l'étale pour la faire sécher.

LE CHARBON DE L'ÉPI DU SORGHO

Le charbon de l'épi du sorgho n'est pas aussi répandu que le charbon du grain, mais il est beaucoup plus à craindre car on n'a pas trouvé encore de moyens de prévenir cette maladie. Le charbon de l'épi se rencontre non seulement dans le sorgho mais aussi dans le maïs. Il n'a pas encore été trouvé sur l'une ou l'autre de ces plantes au Canada.

Le charbon de l'épi est causé par *Sorosporium Reilianum* (Kuhn) McAlpine, qui est étroitement apparenté au *Sorosporium Panici-miliacei,* le champignon qui cause le charbon des millets *Panicum.* Ce genre diffère de Ustilago parce que ses spores sont unies en sacs de spores; cependant les spores des deux genres germent de la même façon.

Aspect du charbon.—Sur le sorgho, l'aspect du charbon de l'épi est très caractéristique. Toute l'inflorescence est affectée et convertie en une tumeur allongée, beaucoup plus petite que l'inflorescence normale, et recouverte d'une membrane blanchâtre temporaire. On ne distingue aucune différence entre les plantes saines et les plantes infectées jusqu'à l'apparition des épis. Entre les spores se trouvent des restes des fibres vasculaires de l'épi, sous forme de filaments. Lorsque la membrane se fend, les spores sont rapidement emportées par le vent et les fibres semblables à des filaments restent seules.

Le charbon du maïs se voit d'abord dans le panache de fleurs mâles. Ce panache se transforme en une masse charbonnée et peut aussi s'agrandir en formant des structures semblables à des feuilles. L'épi se convertit généralement en une masse de charbon entourée par les balles. Généralement, lorsque le panache est affecté, les épis sont détruits également. Les plantes charbonnées sont rabougries et restent vertes un peu plus longtemps que les plantes normales. Les masses charbonnées sont entourées d'une membrane rosâtre délicate, qui se fend et laisse voir les spores.

Fig. 19.—Charbon de l'oignon (Photographie B. T. Dickson.)

Apparence et germination des spores.—Les spores sont brunes, sphériques, elles ont à peu près la grosseur des spores du charbon du maïs, et sont finement verruqueuses. Elles sont réunies en sacs de spores, d'abord fermes mais qui se désagrègent plus tard. Ces sacs de spores ont à peu près dix fois la grosseur des spores et leur forme est de globulaire à ovale. En germant, les spores produisent un promycélium à quatre cellules sur lequel les conidies se développent. Dans des conditions favorables, les conidies bourgeonnent abondamment et forment un grand nombre de conidies secondaires.

Infection.—On croit que ce sont les spores dans la terre plutôt que les spores portées dans la semence qui sont la source principale d'infection. Il est évident que l'infection ne peut se produire que lorsque la plante est encore très jeune.

Traitement.—On ne peut pas maîtriser le charbon de l'épi par le traitement de la semence, mais on peut réduire la quantité d'infection au moyen de pratiques sanitaires comme celles que l'on recommande pour le charbon du maïs, par exemple en enlevant et en détruisant les plantes infectées dans les petits champs, en empêchant autant que possible le charbon de s'introduire dans le fumier par l'entremise duquel il est reporté au sol, et en pratiquant un assolement.

CHARBON DE L'OIGNON

Le charbon de l'oignon est le seul charbon ayant une importance économique qui reste à décrire. Tous les charbons que nous avons déjà étudiés attaquent les céréales et les plantes fourragères qui appartiennent à la famille des graminées. L'oignon est un membre de la famille du lis et lorsqu'il est cultivé sur une grande échelle, comme plante maraîchère, il est souvent abîmé par le charbon. Le charbon de l'oignon a été vu pour la première fois au Massachusetts en 1857; il paraît être d'origine américaine.

Partant des états de la Nouvelle-Angleterre ce charbon s'est répandu dans toutes les régions du Nord des Etats-Unis et du Canada, où l'on cultive l'oignon. On le rencontre maintenant également en Europe et au Japon.

Le charbon de l'oignon est une maladie destructive, surtout dans les districts où l'on fait une culture intensive de l'oignon. Comme l'organisme qui le cause peut vivre saprophytiquement dans le sol, il arrive souvent qu'un sol sur lequel on fait plusieurs cultures d'oignon de suite s'infecte de plus en plus, à tel point qu'il est impossible d'en obtenir une récolte payante. C'est pourquoi l'on consacre à des récoltes moins avantageuses beaucoup d'acres de terre sur lesquels l'oignon était autrefois cultivé. On peut prévenir la maladie en traitant la semence, mais c'est là un moyen coûteux et qui augmente de beaucoup le prix de revient de l'oignon cultivé sur terre infectée de la maladie.

La seule évaluation des pertes causées par cette maladie est celle qui a été donnée par les Etats-Unis en 1918. On estime que la perte causée par le charbon de l'oignon se montait alors à 780,000 boisseaux. Au Canada la maladie a été constatée dans les provinces du Manitoba, de l'Ontario et de Québec. Elle est devenue le facteur limitatif de la culture des oignons dans les districts maraîchers autour de Montréal.

Apparence dans le champ.—(Fig. 19). Le charbon se voit d'abord dans les jeunes plantules, au cours des deux ou trois semaines qui suivent la plantation de la semence. Le cotylédon, qui est le premier à paraître au-dessus du sol, est légèrement tordu et gonflé au lieu d'être tout-à-fait droit, comme celui d'une plante saine. Si l'on regarde la plante à la lumière quelques jours plus tard on voit à l'intérieur de la feuille une ou deux zones noir foncé, allongées. Si l'attaque est grave beaucoup des plantes s'affaiblissent, pourrissent et meurent. La majorité des plantes dans un champ infecté meurent à cette époque; les rangées s'éclaircissent de plus en plus jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'une fraction des plantes qui ont levé. Lorsque l'on écrase une feuille morte entre les doigts on trouve qu'elle

est remplie de spores sous forme d'une poudre noire. Si, par contre, l'attaque est légère les plantes ne meurent pas, et la maladie peut disparaître avec le cotylédon lorsque les feuilles successives se développent. Généralement cependant le charbon paraît sous forme de longues rayures noires dans les feuilles successives. Ces plantes restent rabougries, les feuilles sont courtes, cassantes et tordues. Les plantes malades continuent à mourir dans leurs différentes phases de développement pendant tout l'été. Très peu produisent des bulbes et celles qui survivent jusqu'à l'époque de l'arrachage sont généralement pourries à la base. A mesure que les plantes grandissent, les pustules noires de charbon augmentent de grosseur jusqu'à ce qu'elles aient plusieurs pouces de longueur ou elles peuvent se prolonger dans toute la feuille. A mesure que la feuille vieillit et sèche, les pustules se fendent et les spores tombent.

Cause du charbon de l'oignon.—Le charbon de l'oignon est causé par *Urocystis Cepulae* Frost. Nous avons déjà décrit deux autres maladies charbonneuses, le charbon de la gaine du blé et le charbon de la tige du seigle, qui sont causés par d'autres espèces de *Urocystis.*

Comment le charbon de l'oignon se propage.—Les spores du champignon du charbon de l'oignon sont mises en liberté par la rupture des pustules du charbon, ou par la décomposition des parties infectées de l'oignon qui sont tombées à terre. Les spores germent immédiatement dans la terre, ou elles peuvent rester dormantes plusieurs semaines, ou plusieurs mois ou même des années avant de germer. En germant, les spores émettent de longs tubes branchus grêles et dans des conditions favorables un mycélium se forme qui continue à se développer pendant bien des années, quand bien même on ne planterait pas d'oignons dans le même champ. Il ne se produit pas d'autres sporidies ou de spores, mais le mycélium se divise en petits morceaux qui peuvent rester dormants pendant de longues périodes puis germer lorsque les conditions redeviennent favorables. Le sol devient tellement infecté de spores, de mycélium et de segments détachés de mycélium que l'on ne peut pas y cultiver d'oignons sans prendre des mesures pour maîtriser le charbon.

Apparence et germination des spores.—Si on les examine au microscope, on voit que les masses noires poussiéreuses, venant des feuilles ou des bulbes, sont faites de ce qui paraît être des spores simples, mais de ce qui est en réalité des sacs de spores (fig. 14; 2). Au centre de chaque sac de spores on trouve parfois une ou plusieurs spores brunes, fertiles. Sur la surface de cette cellule centrale sont de quinze à quarante cellules hémisphériques ou spores accessoires stériles. Ces cellules sont transparentes et elles ont une teinte brunâtre.

Anderson[56] a trouvé que lorsque l'on fait germer des spores qui viennent de mûrir il se développe d'abord un gonflement hyalin qui devient aussi gros que les spores fertiles. Ce gonflement produit ensuite de un à huit tubes de germes qui forment un mycélium épais de fils très branchus, mais il n'y a pas de sporidies. Lorsque les spores germent quelque temps après leur maturité, il ne se forme pas de gonflement hyalin, mais les tubes de germes sortent directement des spores fertiles.

Infection des plantules.—Il n'y a que les très jeunes plantules qui sont sensibles au chorbon de l'oignon. Ici l'infection est produite par le mycélium qui pénètre directement à travers l'épiderme. Elle se produit généralement avant que les "genoux" paraissent au-dessus du sol, et elle cesse presque complètement après que la première feuille verte sort du côté du cotylédon. La période pendant laquelle l'oignon de semis est sensible à la maladie dépend du taux de croissance, et elle varie du 17e au 24e jour.

---

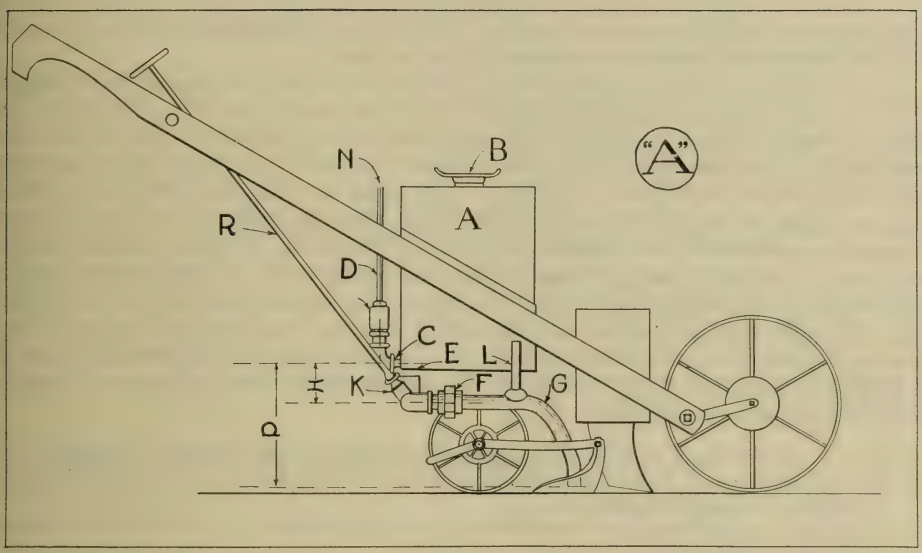
[56] Anderson, P. J. et A. V. Osmun. Mass. Agr. Exp. Sta. Bul. 221. 1924.

Moyens de combattre le charbon de l'oignon.—On a essayé différents traitements contre le charbon de l'oignon, mais de tous, le traitement à la formaline est de beaucoup le plus utile. Cependant, son emploi présente quelques objections. L'application exige beaucoup d'eau et la somme de travail nécessaire à la plantation en est considérablement augmentée. Il est à craindre également que la semence ne soit abîmée. Anderson et Osmun[56] ont conduit de longues expériences en vue de réduire ces objections au minimum. Ils ont constaté qu'il n'est pas nécessaire d'employer des dilutions excessives, comme par exemple une partie de formaline dans 128 parties d'eau, qui exige l'emploi d'une grande quantité d'eau et de la main-d'œuvre supplémentaire. Les dégâts causés par la formaline ont varié en proportion inverse à la quantité d'eau qui se trouvait dans le sol, et en proportion directe de la concentration de la solution et de la quantité appliquée par longueur de rangées. Comme la semence est toujours un peu abîmée lorsque l'on réussit à prévenir la maladie charbonneuse, on devrait choisir la formule d'application qui donne le contrôle le plus avantageux, mais pas nécessairement le contrôle maximum. Il faut également la modifier suivant les conditions variables d'humidité du sol. Si le sol est très sec, employez la formule 1-50-5000; s'il est assez humide, employez la formule 1-50-4000, et s'il est humide, la formule 1-50-3000. La formule 1-50-5000 signifie que l'on mélange une chopine de formaline dans 50 chopines d'eau et que l'on applique cette quantité de solution à 5,000 pieds de rangées d'oignons. Ces formules pourraient être exprimées d'une autre façon. On met un gallon de formaline dans un baril de 50 gallons et on remplit le baril d'eau jusqu'au bord. Si le sol est très sec on applique cette solution à raison d'un baril pour un acre d'oignons (13 pouces entre les rangées). Si le sol est moyennement humide, on applique $1\frac{1}{4}$ baril et s'il est lourd et humide, $1\frac{2}{3}$ baril par acre. Si le sol est sec, on met plus de semence.

Mode d'application.—La solution de formaline est appliquée à la rangée au moyen d'une cuve attachée au semoir. La machine la plus satisfaisante que l'on ait encore trouvée pour cela est celle construite par Anderson et Osmum[56] dont une vignette est montrée à la figure 20. On attache une cuve galvanisée de 14 pintes entre les poignées du semoir, derrière la boîte à semence. "Le fond de la cuve n'est pas plat, mais il va légèrement en pente jusqu'au point le plus bas à l'arrière d'où la solution passe par un tuyau de $\frac{1}{2}$ pouce (E) jusqu'au robinet d'arrêt (K) et à l'union (F). De là elle va à travers un tuyau en fer blanc flexible de $\frac{3}{8}$ de pouce (G) et elle est distribuée sur le sol juste derrière les tuyaux de semence et en avant des recouvreurs. La valve (K) fonctionne au moyen d'une barre de fer de $\frac{1}{4}$ de pouce (R) à l'arrière des poignées. Elle ne réglemente en rien la quantité de liquide sortant mais elle ouvre ou arrête simplement le jet de solution à l'extrémité des rangées ou partout où on désire le faire." L'ouverture sur le dessus est fermée par une calotte vissée (B) de 2 pouces de diamètre, comme celle que l'on emploie habituellement sur un radiateur d'automobile. Cette ouverture est imperméable à l'air lorsque cette calotte est vissée contre une rondelle en caoutchouc. Un tuyau dressé (D) parallèle au côté de la cuve et de la même hauteur que ce côté est relié à une soupape d'air (C) au moyen d'un coude. On obtient ainsi une sortie uniforme de la solution, quelle que soit la hauteur de la solution dans la cuve. Si la calotte de la cuve ne fermait pas juste, la quantité de liquide sortant varierait avec la hauteur du liquide dans la cuve.

Deux accessoires importants rendent le fonctionnement de cette cuve encore plus sûr. "Dans la base élargie du tuyau vertical, il y a un flotteur (M) un cylindre en cuivre creux et mince, ayant environ un pouce de latitude, en haut et en bas. Attaché au sommet du flotteur se trouve un fil de cuivre ténu qui fait saillie d'environ un pouce lorsque le flotteur est en haut et qui est de niveau avec le dessus lorsque le flotteur est en bas. Lorsque le liquide sort de la cuve et que tout va bien, le flotteur est en bas." Si la cuve n'est pas imperméable à l'air, à cause d'une fuite du couvercle de la cuve ou parce que l'opérateur a oublié de

[56] Anderson, P. J. et A. V. Osmun. Mass. Agr. Exp. Sta. Bul. 221. 1924.



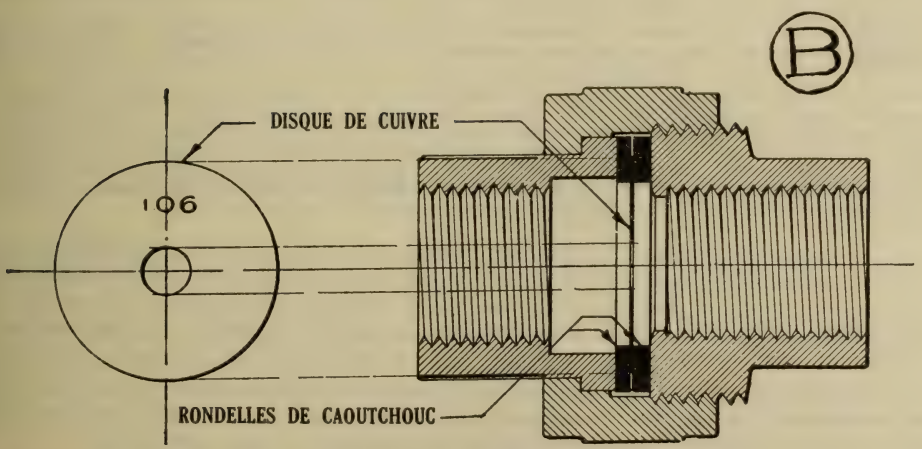


FIG. 20.—Cuve pour appliquer le traitement de formaline. "A". Croquis montrant les détails de la construction de la cuve à formaline. "B". Coupe transversale de l'union du tuyau de sortie avec disque et rondelles en place. (D'après Anderson et Osmun, bul. 221, 1924, Station agronomique du Massachusetts).

visser le couvercle, le flotteur reste en haut et la tige qui fait saillie avertit l'opérateur que quelque chose ne va pas. L'autre accessoire est un petit tuyau (L) d'environ 2 pouces de longueur inséré dans le côté supérieur du tuyau de décharge. Ce tuyau laisse entrer l'air dans le tuyau de décharge et l'empêche de se remplir complètement de liquide lorsque la valve est ouverte. Sans ce tuyau, le tuyau de sortie pourrait ne pas se remplir complètement et l'on obtiendrait deux quantités constantes, mais différentes, de liquide. Le tuyau supplémentaire donne la garantie que l'on n'aura qu'une seule quantité de liquide.

"La quantité de liquide sortant de la cuve est réglée par une série de disques de cuivre avec des ouvertures centrales de dimension graduée. Un disque est tenu en place entre des rondelles de caoutchouc dans l'union du tuyau de sortie (fig. 20, B). On peut couper le nombre désiré de ces disques de cuivre dans une feuille de cuivre au moyen de ciseaux. On perce un trou à travers le centre de chaque disque et on l'élargit au moyen d'une lime en queue-de-rat pour obtenir la grosseur nécessaire pour assurer la sortie d'un gallon de solution dans un certain nombre de secondes, suivant le désir de l'opérateur. Le nombre de secondes nécessaires pour délivrer un gallon de solution est alors marqué sur le disque" (fig. 20). Le taux de sortie dépend de la formule qui est employée et de la vitesse à laquelle marche l'opérateur. On trouvera dans le tableau 7 le nombre de secondes nécessaires pour délivrer un gallon pour trois différentes formules et à trois vitesses de marche.

TABLEAU 7.—MONTRANT LE NOMBRE DE SECONDES NÉCESSAIRES POUR DÉLIVRER UN GALLON DE SOLUTION LORSQUE L'ON CONNAÎT LA FORMULE ET LA VITESSE DE LA MARCHE

Formule[1]	Vitesse de la marche en pieds par seconde		
	4	4½	5
	Secondes	Secondes	Secondes
1-50-3000	120	106	96
1-50-4000	160	142	128
1-50-5000	200	178	160

[1] La formule 1-50-3000 signifie qu'une chopine de formaline est mélangée dans 50 chopines d'eau et que cette solution est appliquée à 3,000 pieds de rangées d'oignons. On détermine d'abord la vitesse de la marche de l'opérateur et on choisit la formule, après quoi on peut lire au tableau le nombre de secondes nécessaires pour distribuer un gallon de la solution. On peut alors construire un disque qui délivre un gallon dans cette longueur de temps.

La vitesse à laquelle l'ouvrier marche tout en poussant un semoir chargé ne peut être déterminée que par un essai. Après que son pas a été déterminé et que l'on a arrêté le choix de la formule, il est facile de calculer le taux de sortie. Si la vitesse de l'ouvrier est de 4 pieds par seconde et que la formule est de 1-50-3,000, il lui faudra 750 secondes pour parcourir les 3,000 pieds. Il s'agit donc dans ce cas d'appliquer cinquante chopines en 750 secondes ou un gallon en 120 secondes. Le planteur pratique n'exigera probablement que deux ou trois disques par saison qu'il pourra fabriquer au moment le plus commode.

La cuve améliorée* supprime tous les risques d'erreur sauf un. La vitesse à laquelle marche l'ouvrier qui pousse le semoir pourrait occasionner des variations dans le taux d'application. On a constaté cependant que le pas d'un ouvrier est remarquablement constant. On pourrait imaginer des cuves plus élaborées qui distribueraient une quantité constante de liquide pour une distance donnée sans tenir compte de la vitesse, mais elles seraient trop compliquées et trop coûteuses pour le planteur.

* Le Dr Anderson a déclaré dans une lettre que ces cuves ne sont pas fabriquées, en autant qu'il le sache, mais qu'il en a été fait un certain nombre par des ferblantiers locaux.

TRAITEMENTS DE LA SEMENCE—RÉSUMÉ

Plante-hôte	Charbon	Traitement recommandé pour la semence
Blé	Carie	1. Poussière de carbonate de cuivre, 2 onces par boisseau; détails du traitement à la page 23; ou 2. Formaline, 1 liv. dans 40 gallons d'eau; détails du traitement à la page 31.
	Charbon	Eau chaude, faire tremper pendant 4 heures à 86° F., 15–20 minutes à112° F., 10 minutes à 124-127° F.; détails du traitement à la page 38.
	Charbon de la gaine	1. Poussière de carbonate de cuivre, 2 onces par boisseau, p. 44; détails du traitement à à la page 23; ou 2. Formaline, 1 liv. dans 40 gal. d'eau, page 44, détails du traitement à la page 31.
Orge	Charbon vêtu	Formaline, 1 liv. dans 40 gal. d'eau, page 46; détails du traitement à la page 31.
	Charbon nu	Eau chaude, faire tremper pendant 4 heures à 86° F., 15-20 min. à 112° F., 10 min. à 124-127° F., page 47; détails du traitement à la page 38.
Avoine (variétés ordinaires)	Charbons nu et vêtu	1. Arrosage à la formaline, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, pages 49 et 51; détails du traitement à la page 31; ou 2. Pulvérisation à la formaline, 1 liv. de formaline dans 1 chopine d'eau, pages 49 et 51; détails du traitement à la page 49.
Avoine (variétés sans balle)	Charbons nu et vêtu	Poussière de carbonate de cuivre, 4 onces par boisseau (56 liv.) pages 49 et 51; détail. du traitement à la page 23.
Seigle	Charbon de la tige	Arrosage à la formaline, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, page 53; détails du traitement à la page 31.
Blé d'Inde	Charbon	Semence non traitée; pour les mesures appliquées, voir page 56.
Ray-grass de l'Ouest	Charbon	Immersion dans la formaline par le plongement, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, page 58; détails du traitement à la page 32.
Mil	Charbon de la feuille	Arrosage à la formaline ou immersion par plongement, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, page 50; détails du traitement pages 31 et 32.
Millets queue-de-renard	Charbon	Arrosage à la formaline, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, page 61; détails du traitement à la page 31.
Millets *Panicum*	Charbon	Arrosage à la formaline, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, page 63; détails du traitement à la page 31.
Fromental	Charbon	Arrosage à la formaline ou immersion par le plongement, 1 liv. de formaline dans 40 gal. d'eau, page 63; détails du traitement pages 31 et 32.
Sorgho	Charbon du grain	1. Poussière de carbonate de cuivre, 2 onces de 50% ou 4 onces de 20% de carbonate de cuivre, page 64; détails du traitement à la page 23. 2. Formaline, 1 liv. dans 30 gal. d'eau, faire tremper pendant 1 heure, page 64.
	Charbon de l'épi	Semence non traitée; pour les mesures appliquées, voir page 66.
Oignons	Charbon	Arrosage à la formaline, détails du traitement à la page 67.

PARTIE III

DESCRIPTION BOTANIQUE DES CHAMPIGNONS DU CHARBON

Le guide suivant* pour l'identification des champignons du charbon mentionnés dans ce bulletin et leur description botanique peut être utile au professeur d'agriculture et aux étudiants. Les champignons du charbon appartiennent à l'ordre des Ustilaginées. Pour l'Amérique du Nord, Clinton a dressé une liste de 11 genres avec 133 espèces des *Ustilaginées,* et 8 genres et 28 espèces des *Tilletiacées.* En Australie, d'après McAlpine, il y a 68 espèces. Sur ce nombre, 27 sont communes à l'Australie et à l'Amérique du Nord, mais presque la moitié ont été introduites sur des plantes cultivées. Pour l'univers entier, le nombre de champignons du charbon est évalué à 500 ou 600 espèces. Ils se rencontrent sur les graminées fourragères sauvages et cultivées et sur beaucoup d'autres plantes.

FAMILLE 1—*USTILAGINÉES*

Sores formant généralement des amas de spores exposés poussiéreux ou agglutinés. Germination au moyen d'un promycélium cloisonné qui donne naissance à des sporidies terminales et latérales (qui peuvent se multiplier comme des levures dans les solutions nutritives), ou à des filaments d'infection.

Spores solitaires.

Sores (amas de spores) poussiéreux à maturité:

Sans fausse membrane déterminée..... I. *Ustilago*

Avec fausse membrane de cellules fongoïdes déterminées II. *Sphacelotheca*

Spores en sacs qui disparaissent souvent.

Sores poussiéreux ou granuleux à maturité, allongés, faisant avorter l'inflorescence ..... III. *Sorosporium*

I. *Ustilago* (Persoon) Roussel, Fl. Calvador ed. 2:47. 1806

Sores sur différentes parties des plantes-hôtes, formant à maturité des amas de spores poussiéreux, généralement de couleur foncée; spores solitaires, produites irrégulièrement dans les filaments du mycélium fertile qui disparaissent entièrement par la gélatinisation; de grosseur petite à moyenne; germination au moyen d'un promycélium cloisonné qui ne produit que des filaments d'infection ou au moyen de sporidies formées terminalement et latéralement près de la cloison; les sporidies dans l'eau germent généralement en filaments d'infection, mais se multiplient indéfiniment dans des solutions nutritives, à la façon des levures.

1. Spores parfaitement lisses, petites, 4-10μ de longueur. Sores dans les épillets séparés.
   (*a*) Spores de couleur plus claire d'un côté.
      Plantes-hôtes: *Avena*; amas de spores noir-brun..... 1. *U. levis*
      Plantes-hôtes: *Hordeum*; amas de spores noir-pourpre.... 2. *U. Hordei*
   (*b*) Spores de couleur uniforme. Les sores détruisant généralement les parties intérieures et de la base de l'épillet..... 3. *U. Cramen*
2. Spores souvent lisses, en apparence, mais au moins granuleuses sous une loupe d'immersion. Sores dans les épillets, ne détruisant que les parties de la base ou de l'intérieur..... 4. *U. bromivora*
3. Spores échinées ou verruqueuses (parfois finement ou obscurément).
   (*a*) Spores petites, 4-9μ de longueur
      (1) Sores dans les épillets, les détruisant plutôt complètement.
         Plantes-hôtes: *Avena*..... 5. *U. Avenæ*
         Plantes-hôtes: *Triticum*..... 6. *U. Tritici*
         Plantes-hôtes: *Hordeum* ..... 7. *U. nuda*
      (2) Sores détruisant les parties de la base et de l'intérieur.... 8. *U. perennans*
   (*b*) Spores moyennes, 9-14μ de longueur.
      Sores sur toute partie de la plante-hôte..... 9. *U. Zeæ*
      Sores en striures sur les feuilles..... 10. *U. striæformis*

---

* Adapté de:—
Clinton, G. P. *Ustilaginales,* North American Flora, Vol. 7, part 1, Oct. 4, 1906.
McAlpine, D. The Smuts of Australia. 1910.

1. *Ustilago levis* (Kellerman et Swingle) Magnus, Abt. Bot. Ver. Prov. Brand, 37:69. 1896.
Synonyme —

Ustilago Avenae levis Kellerman et Swingle.

Sores dans les épillets, formant un amas de spores brun noir, adhérent, parfois petit et entièrement caché par les glumes, mais généralement apparent et détruisant les parties de l'intérieur et de la base; spores de couleur plus claire d'un côté, sous-sphériques ou rarement plus allongées, lisses, 5-9μ, les plus allongées atteignent rarement 11μ de longueur.
Charbon vêtu de l'avoine cultivée.

2. *Ustilago Hordei* (Persoon) Kellerman et Swingle, Annual Rep. Kan. Agr. Exp. Sta. 2:268, 1890.

Synonymes —

Uredo segetum Hordei Pers.
Ustilago Hordei tecta Jens.
Ustilago Jensenii Rostr.

Sores dans les épillets, formant un amas de spores noir pourpre adhérent, d'environ 6-10 mm. de longueur, couvert d'une façon assez permanente par les parties transparentes de la base des glumes; spores de couleur plus claire d'un côté, généralement sous-sphériques ou sphériques, lisses, 5-9μ, les plus allongées atteignent rarement 9-11μ.
Charbon vêtu de l'orge cultivée.

3. *Ustilago Crameri* Kornicke; Fuckel, Jahrb, Nass. Ver. Nat. 27-28:11, 1873.
Sores dans les épillets infectant tous les épis, ovés, d'environ 2-4 mm. de longueur, détruisant principalement les parties de l'intérieur et de la base; spores brun rougeâtre, généralement ovoïdes à sous-sphériques, mais parfois plus allongées et irrégulières, lisses, contenu généralement pointillé, ayant généralement 8-11μ de longueur.
Charbon de l'épi des millets queue-de-renard cultivés.

4. *Ustilago bromivora* (Tulasne) Fischer de Waldheim, Bul. Soc. Nat. Mosc. 40^1:252. 1867.
Sores dans les épillets, n'infectant que les parties qui se trouvent à l'intérieur des glumes ou en détruisant également la base de celles-ci, devenant poussiéreux à maturité; spores généralement brun-rougeâtre, principalement ovoïdes à sphériques, mais parfois polyhédrales ou irrégulières, parfois d'apparence lisse ou seulement granuleuses, mais généralement abondamment et finement granuleuses-verruqueuses, 6-13μ, en moyenne 9.5μ ou plus pour les spores de *Bromus,* et moins de 9.5μ pour les spores de *Agropyron.*
Charbon de certains bromes inermes et ray-grass cultivés de l'Ouest.

5. *Ustilago Avenae* (Persoon) Jensen, Charb. Céréales 4. 1889.

Synonymes—

Uredo segetum Avenae Pers.
Ustilago segetum Avenae Jens.
Ustilago avenae f. folicola Almeida.

Sores dans les épillets, formant un amas de spores brun olive poussiéreux d'environ 6-12 mm. de longueur et moitié aussi large, détruisant généralement presque complètement les parties florales, mais se dispersant à la longue; rarement dans les feuilles; spores de couleur plus claire sur un côté, sous-sphériques à sphériques mais souvent plus allongées, finement échinées, 5-9μ de longueur.
Charbon nu de l'avoine cultivée.

6. *Ustilago tritici* (Persoon) Rostrup, Overs. K. Danske Vid. Selsk. Forh. 1890:15. Mars 1890.

Synonymes —

Uredo segetum Tritici Pers.
Ustilago segetum Tritici Jens.
Ustilago Tritici f. folicola P. Henn.
Ustilagidium Tritici Herzb.

Sores dans les épillets, formant un amas de spores brun-olive poussiéreux, d'environ 8-12 mm. de longueur et moitié aussi large, détruisant généralement entièrement les parties florales et se dispersant plus tard, ne laissant que le rachis nu; spores de couleur plus claire sur un côté, généralement sous-sphériques à sphériques, parfois plus allongées, finement échinées, surtout sur le côté plus clair, 5-9μ de longueur.
Charbon du blé cultivé et parfois, mais rarement, du seigle cultivé.

7. *Ustilago nuda* (Jensen) Kellerman et Swingle, Annual Rep. Kan. Agr. Exp. Sta. 2:277, 1890.

Synonymes —

Ustilago Hordei nuda Jens.
Ustilago Hordei Rostr.
Ustilagidium Hordei Herzb.

Sores dans les épillets, formant un amas de spores brun-olive poussiéreux, d'environ 6-10 mm. de longueur et moitié aussi large, protégé temporairement par une mince membrane, mais se dispersant rapidement ne laissant que le rachis nu; spores de couleur plus claire sur un côté, finement échinées, sous-sphériques à sphériques ou parfois plus allongées, 5-9μ de longueur.

Charbon nu de l'orge cultivée.

8. *Ustilago perennans* Rostrup, Overs. K. Danske Vid. Selsk. Forh. 1890:15. 1890.

Synonymes —

Cintractia Avenae Ellis et Tracy.
Ustilago Avenae (Pers.) Jens. d'après McAlpine.

Sores dans les épillets, détruisant plus ou moins les parties de la base et de l'intérieur, parfois descendant sur les pédicelles, oblongs, d'environ 3-8 mm. de longueur, avec un amas de spores brun-olive poussiéreux; mycélium vivace sur les parties vivaces de la plante-hôte; spores sous-sphériques ou sphériques, parfois ovés à ellipsoïdes, généralement de couleur plus claire sur un côté, plus ou moins finement échinées surtout sur le côté plus clair, 5-8μ de longueur.

Charbon du fromental cultivé.

9. *Ustilago Zeae* (Beckmann) Unger, Einfl. des Bodens 211. 1836.

Synonymes—

Lycoperdon Zeae Beckm.
Uredo Zeae Schw.
Ustilago Maydis Corda.
Ustilago Schweinitzii Tul.
Ustilago Zeae-Mays Wint.
Ustilago Euchlaenae Arcang.
Ustilago Mays-Zeae Magn.

Sores sur toutes les parties de la plante-hôte, généralement proéminents, formant des boursouflures irrégulières variant de quelques mm. à plus d'un dm. de diamètre, protégés au début par une sorte de fausse membrane blanche composée de cellules végétales et de filaments fongoïdes semi-gélatinisés, se déchirant rapidement et découvrant un amas de spores brun rougeâtre; spores ellipsoïdes à sphériques rarement plus irrégulières, visiblement mais grossièrement échinées, 9-11μ, les plus allongées atteignant 15μ de longueur.

Charbon commun du maïs cultivé.

10. *Ustilago striaeformis* (Westendorp) Niessl, Hedwigia 15:1. 1876.

Synonymes—

Uredo striaeformis Westend.
Tilletia de Baryana Fisch. de Waldh.
Tilletia striaeformis Oud.

Sores sur les feuilles et sur les gaines, rarement sur l'inflorescence, linéaires courts ou s'étendant souvent sur plusieurs cm., apparemment par fusion terminale, parfois aussi se fusionnant latéralement pour recouvrir la plus grande partie de la feuille, recouverts au début par un épiderme qui se rompt bientôt et des lignes de spores noir brun, poussiéreuses, s'éparpillant et les feuilles devenant lacérées; les spores sont généralement ellipsoïdes à sphériques, parfois irrégulières, très échinées, ayant principalement 9-14μ de longueur.

Charbon de la feuille du mil et des autres graminées cultivés.

II. *Sphacelotheca* De Bary, Verg. Morph. Biol. Pilze, 187, 1884.

Synonymes—

Sporisorium Ehrenb.
Endothlaspis Sor.

Sores généralement dans l'inflorescence, souvent limités aux ovaires, pourvus d'une fausse membrane déterminée (plus ou moins temporaire) recouvrant un amas de spores poussiéreuses et une columelle centrale (généralement de tissus végétaux); fausse membrane com-

posée en grande partie ou entièrement de cellules fongoïdes stériles déterminées qui sont hyalines ou légèrement nuancées, oblongues à sphériques et généralement plus ou moins liées fermement ensemble; spores solitaires, généralement brun rougeâtre, se développant d'une façon un peu centripétale, de grosseur petite à moyenne, germant comme dans *Ustiago*.

Spores olive ou brun rougeâtre, lisses, 5-8μ de longueur. Sores dans les ovaires.
Fausse membrane recouvrant les sores fragiles; cellules stériles se rompant en groupes semblables à des filaments.....1. *S. Sorghi*
Fausse membrane recouvrant les sores fragiles; cellules stériles de la membrane sous-sphérique, se séparant facilement en petits groupes ou en cellules séparées.....2. *S. cruenta*

1. *Sphacelotheca Sorghi* (Link) Clinton, Journal Mycology 8:140. 1902.

Synonymes—

Sporisorium Sorghi Link.
Tilletia Sorghi-vulgaris Tul.
Ustilago Sorghi Pass.
Ustilago Tulasnei Kühn.
Cintractia Sorghi-vulgaris Clinton.

Sores généralement dans les ovaires ou dans les organes essentiels formant des corps oblongs à ovés de 3/12 mm. de longueur, fusionnant rarement les jeunes épillets en formes irrégulières, protégées pendant une longueur de temps considérable par une fausse membrane, mais lorsque celle-ci se rompt, les masses de spores brun olive s'éparpillent, laissant nue la columelle de tissu végétal; cellules stériles de la membrane se désagrégeant en groupes semblables à des filaments; spores sous-sphériques à sphériques, lisses, contenu souvent granuleux, mesurant généralement en moyenne 6μ de diamètre.
Charbon vêtu du grain du maïs à balai cultivé.

2. *Sphacelotheca cruenta* (Kühn) Potter, Phytopathology 2:98. 1912.

Synonyme —

Ustilago cruenta Kühn.

Sores généralement dans les ovaires ou dans les organes essentiels, formant des corps oblongs à ovés de 3/12 mm. de longueur, fusionnant rarement les jeunes épillets en formes irrégulières, recouvertes d'une mince membrane délicate qui se rompt très tôt après que l'inflorescence sort de la gaine, les masses de spores brun olive s'éparpillent, laissant nue la columelle distincte du tissu végétal; cellules stériles de la membrane sous-sphériques, plus grandes que les spores, se rompant facilement en petits groupes ou en cellules séparées; spores sous-sphériques à sphériques ou irrégulières, lisses, contenu souvent granuleux, mesurant généralement en moyenne plus de 6μ de diamètre.
Charbon nu du grain du maïs à balai cultivé.

III. *Sorosporium* Rudolphi, Linnaea 4:116. 1829.

Sores dans les différentes parties de la plante-hôte, formant des amas de spores poussiéreux, de couleur foncée; sacs de spores composés de nombreuses cellules fertiles, souvent réunies lâchement, et se séparant souvent complètement à maturité, de grosseur moyenne; spores généralement brun olive ou brun rougeâtre, de grosseur moyenne; germination semblable à celle de *Ustilago*, parfois avec un filament de germe allongé et sans sporidies.
Sores faisant avorter l'inflorescence, très allongés.

Plantes-hôtes: *Sorgho et Zeae*.....1. *S. Reilianum*
Plante-hôte: *Panicum*.....2. *S. Panici-miliacei*

1. *Sorosporium Reilianum* (Kühn) McAlpine, Smuts of Australia 181, 1910.

Synonymes—

Ustilago Reiliana Kühn.
Ustilago pulveracea Cooke.
Cintractia Reiliana Clinton.
Sphacelotheca Reiliana Clinton.

Sores très saillants, formant des amas assez compacts dans l'inflorescence, l'entourant souvent complètement, généralement de 5-15 cm. de longueur, renfermés au début dans une membrane rosâtre ou blanchâtre qui se rompt bientôt et les amas de spores brun noir se dispersent, laissant par derrière les restes en rayon de la columelle; membrane se composant des tissus extérieurs de la plante-hôte et des cellules stériles du champignon qui forment

plusieurs couches de cellules claires, plus ou moins arrondies, disposées en groupes sous-sphériques, éparpillées également à travers la masse de spores; sacs de spores sphériques à ovales ou irréguliers, fermes au début mais se séparant facilement par la suite, de 80-112μ de longueur; spores sphériques à sous-sphériques ou parfois légèrement ellipsoïdes à ovoïdes, un peu opaques, finement mais densément verruqueuses, 9-13μ de diamètre.

Charbon de l'épi du maïs à balai cultivé et du maïs cultivé.

2. *Sorosporium Panici-miliacei* (Persoon) Takahashi, Tok. Bot. Mag. 16:247. 1902.

Synonyme—

Ustilago Panici-miliacei Wint.

Sores entourant toute l'inflorescence, allongés, recouverts d'une couche épaisse d'hyphées stériles et de l'épiderme de la plante-hôte qui se rompt à partir de l'apex en descendant, découvrant les amas de spores brun noir et les filaments lacérés du tissus de la plante; sacs de spores de forme irrégulière, ronds à ovales ou oblongs, ou polygonaux, brun foncé, 50-100μ de longueur; spores brun jaunâtre, sous-sphériques à anguleuses ou ellipsoïdes, lisses, 9-13μ de diamètre.

Charbon de l'épi du *Panicum* ou des millets maïs à balai cultivé.

FAMILLE 2.—TILLÉTIACÉES

Sores formant des amas de spores poussiéreuses, faisant saillie ou parfois enfoncés permanemment dans les tissus. Germination au moyen d'un court promycélium, qui donne généralement naissance à une grappe terminale de sporidies allongées, lesquelles se fusionnant en paires ou sans se fusionner, produisent des sporidies secondaires semblables ou non, ou germent directement en filaments d'infection.

Spores séparées, poussiéreuses à maturité ..... I. *Tilletia*
Spores en sacs; sores poussiéreux; sacs de spores avec un cortex stérile. ..... II. *Urocystis*

I. *Tilletia Tulasne,* Ann. Sci. Nat. III, 7: 112. 1847.

Sores dans différentes parties de la plante-hôte, généralement dans les ovaires, formant un amas de spores poussiéreuses; spores solitaires, formées généralement séparément dans les extrémités des filaments du mycélium qui disparaissent plus ou moins complètement par la gélatinisation, de grosseur moyenne à forte; germination au moyen d'un court promycélium qui donne généralement naissance à une grappe terminale de sporidies allongées, lesquelles, se fusionnant en paires ou sans se fusionner, peuvent, dans des solutions nutritives, donner naissance à une quantité considérable de mycélium portant des sporidies d'air secondaires.

Spores lisses ..... 1. *T. laevis*
Spores réticulées ..... 2. *T. Tritici*

1. *Tilletia laevis* Kühn, Hedw. 12:152. 1873.

Synonymes—

Ustilago foetens B. & C.
Tilletia foetens Trel.

Sores dans les ovaires, ovales ou oblongs, 5-8 mm. de longueur, plus ou moins cachés par les glumes, tous les ovaires d'un épi ou seulement une partie des ovaires sont infectées; spores brun clair à brun foncé, oblongues à principalement sous-sphériques ou sphériques, parfois un peu anguleuses, fétides surtout lorsqu'elles sont jeunes, ayant principalement 16-22μ de longueur, les plus allongées atteignant rarement 28μ de longueur.

Carie à spores lisses du blé cultivé.

2. *Tilletia Tritici* (Bjerkander) Winter; Rab. Krypt. Fl. 1:110. 1881.

Synonymes—

Lycoperdon Tritici Bjerk.
Uredo Caries DC.

Sores dans les ovaires, ovales à oblongs, 5-8 mm. de longueur, plus ou moins cachés par les glumes; cellules stériles peu nombreuses, hyalines, sous-sphériques, à paroi moyennement mince, plus petites que les spores; spores principalement sous-sphériques ou sphériques, brun clair à brun foncé, avec des réticulations ailées d'environ 1μ de hauteur par 2-4μ de largeur, 16-22μ de diamètre.

Carie à spores grossières du blé cultivé.

II. *Urocystis* Rabenhorst; Klotzsch. Herb. Viv. Myc. ed. 2:393. 1856.

Synonyme—

Polycystis Lév.

Sores généralement sur les feuilles ou sur les tiges, parfois sur d'autres parties, produisant des amas de spores de couleur foncée, généralement poussiéreuses; sacs de spores faisant saillie, composés d'un cortex enveloppant, de cellules stériles nuancées, et généralement d'une ou de plusieurs cellules fertiles intérieures de grosseur petite ou moyenne; spores généralement de couleur foncée, variables, de grosseur moyenne; germination au moyen d'un promycélium court, produisant des sporidies terminales en groupes, qui donnent naissance à des sporidies secondaires semblables ou à des filaments d'infection.

Sores dans les feuilles, les pétioles ou la tige.

Spores généralement 1, rarement 2, dans les sacs; cellules corticales 6-10μ, rarement de 12μ..... 1. *U. Cepulae*
Spores généralement 1 ou 2, rarement 3 ou 4 dans les sacs.
Spores souvent incomplètement revêtues par les cellules ovales stériles; hôte: *Secale*..... 2. *U. occulta*
Spores généralement complètement revêtues par des cellules stériles ellipsoïdes à sphériques; surface de la spore délicatement pointillée; hôte: *Triticum*..... 3. *U. Tritici*

1. *Urocytis Cepulae* Frost; Farl. Ann. Rep. Soc. Mass. Board Rgr. 24: App. 175. 1877.

Synonyme—

Urocystis Colchici Cepulae Cooke.

Sores dans les feuilles, formant des pustules isolées ou souvent les affectant sur la plus grande partie de leur longueur et de leur largeur, parfois se rencontrant sur leur base dans les bulbes, à la rupture de la membrane qui les recouvre, révélant un amas de spores poussiéreuses, brun noir; sacs de spores ovoïdes à sphériques, petits, 17-25μ de longueur; cellules stériles nuancées, ovoïdes à sphériques, petites, recouvrant presque complètement les spores, généralement de 4-8μ de longueur; spores brun rougeâtre, ovoïdes à sphériques, généralement 1, rarement 2 dans un sac, principalement de 12-16μ de longueur.

Charbon de l'oignon cultivé.

2. *Urocystis occulta* (Wallroth) Rabenhorst; Klotzsch, Herb. Viv. Myc. ed. 2:393. 1856.

Synonyme—

Erisybe occulta Wallr.

Sores dans les feuilles, les gaines des feuilles, les culmes et parfois sur les glumes, formant des striures linéaires ayant généralement une grande longueur, recouvertes au début par l'épiderme couleur de plomb, puis faisant saillie, exposant les sacs de spores noires, poudreuses; sacs de spores sphériques, elliptiques ou oblongs, 16-32μ de longueur; cellules stériles revêtant généralement partiellement mais parfois entièrement les spores, hyalines ou jaunes, ovales, 6-10μ de longueur; spores brun doré foncé, sphériques à oblongues, 1-3 ou parfois 4-5 dans un sac, 12-18μ de longueur.

Charbon de la tige du seigle cultivé.

3. *Urocystis Tritici* Körnicke, Hedw. 16:33. 1877.

Sores dans les feuilles, les gaines des feuilles, les culmes et parfois sur les glumes, formant des striures allongées, parallèles les unes aux autres, recouvertes au début par l'épiderme soulevé, couleur de plomb, qui se décompose graduellement en plaques, exposant les sacs de spores noires, poudreuses; sacs de spores sphériques, ellipsoïdes ou oblongs, brun doré clair, 24-40μ de longueur; cellules stériles enveloppant généralement entièrement les spores, jaune très pâle, ellipsoïdes à sphériques et bombées, 9-12μ de longueur; spores sphériques ou ovales, 1-4 par sac, parfois 5, 2-3 généralement, 12-16μ de longueur.

Charbon de la gaine du blé cultivé.

CAL/BCA OTTAWA K1A 0C5
3 9073 00216148 9

AUG 10 '60
AUG 22 '61
SEP 25 1972